

1/3/1 (Item 1 from file: 345)

DIALOG(R)File 345:Inpadoc/Fam. & Legal Stat  
(c) 2002 EPO. All rts. reserv.

12587960

Basic Patent (No,Kind,Date): CA 2161233 AA 19950831 <No. of Patents: 008>  
**APPARATUS AND METHOD FOR RETRIEVING INFORMATION** (English; French)

Patent Assignee: AT & T CORP (US)

Author (Inventor): KIRK THOMAS (US); LEVY ALON YITZCHAK (US); SRIVASTAVA  
DIVESH (US)

IPC: \*G06F-013/368;

Derwent WPI Acc No: \*G 95-311637;

Language of Document: English

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Appli No	Kind	Date
CA 2161233	AA	19950831	CA 2161233	A	19950227 (BASIC)
EP 696366	A1	19960214	EP 95911924	A	19950227
EP 696366	A4	19980715	EP 95911924	A	19950227
JP 9503088	T2	19970325	JP 95522489	A	19950227
US 5600831	A	19970204	US 347016	A	19941130
US 5655116	A	19970805	US 203082	A	19940228
US 5768578	A	19980616	US 394867	A	19950227
WO 9523371	A1	19950831	WO 95US2338	A	19950227

Priority Data (No,Kind,Date):

US 203082 A 19940228

US 347016 A 19941130

WO 95US2338 W 19950227

US 203082 A2 19940228

US 394867 A 19950227

US 347016 A2 19941130

1/3/2 (Item 1 from file: 350)

DIALOG(R)File 350:Derwent WPIX

(c) 2002 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

010410288 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1995-311637/ 199540

Related WPI Acc No: 1998-362249

XRPX Acc No: N95-235324

Information retrieval appts. for use with Internet - has acquisition  
device adding information to knowledge base having world view made up of  
concepts, system view and information source description

Patent Assignee: KIRK T (KIRK-I); LEVY A Y (LEVY-I); SRIVASTAVA D (SRIV-I);  
LEVY A (LEVY-I); LUCENT TECHNOLOGIES INC (LUCE )

Inventor: KIRK T W; LEVY A Y; SRIVASTAVA D; KIRK T; LEVY A

Number of Countries: 019 Number of Patents: 005

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	AppliCat No	Kind	Date	Week
WO 9523371	A1	19950831	WO 95US2338	A	19950227	199540 B
EP 696366	A1	19960214	EP 95911924	A	19950227	199611
			WO 95US2338	A	19950227	
US 5600831	A	19970204	US 94203082	A	19940228	199711
			US 94347016	A	19941130	
JP 9503088	W	19970325	JP 95522489	A	19950227	199722
			WO 95US2338	A	19950227	
US 5655116	A	19970805	US 94203082	A	19940228	199737

Priority Applications (No Type Date): US 94347016 A 19941130; US 94203082 A  
19940228

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

WO 9523371 A1 E 75 G06F-007/00

Designated States (National): CA JP

Designated States (Regional): AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LU MC NL  
PT SE

EP 696366 A1 E 1 G06F-007/00 Based on patent WO 9523371

Designated States (Regional): DE FR GB

THIS PAGE BLANK (USPTO)

US 5600831 A 21 G06F-017/30 CIP of application US 54203082  
JP 9503088 W 87 G06F-017/30 Based on patent WO 950871  
US 5655116 A 9 G06F-017/30

*THIS PAGE BLANK (USPTO)*



## INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification 6 : G06F 7/00, 7/20, 17/00, 17/28, 17/30	A1	(11) International Publication Number: WO 95/23371 (43) International Publication Date: 31 August 1995 (31.08.95)
--------------------------------------------------------------------------------------	----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(21) International Application Number: PCT/US95/02338

(22) International Filing Date: 27 February 1995 (27.02.95)

(30) Priority Data:  
 08/203,082 28 February 1994 (28.02.94) US  
 08/347,016 30 November 1994 (30.11.94) US

(71)(72) Applicants and Inventors: KIRK, Thomas [US/US]; 22 King George Road, Warren, NJ 07059 (US). LEVY, Alon, Yitzchak [US/US]; 621 Mountain Avenue, Berkeley Heights, NJ 07922 (US). SRIVASTAVA, Divesh [IN/US]; 9 Springfloral Drive, New Providence, NJ 07974 (US).

(74) Agents: SLUSKY, Ronald, D. et al.; Wilde, P.V.D., P.O. Box 679, Holmdel, NJ 07733 (US).

(81) Designated States: CA, JP, European patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

## Published

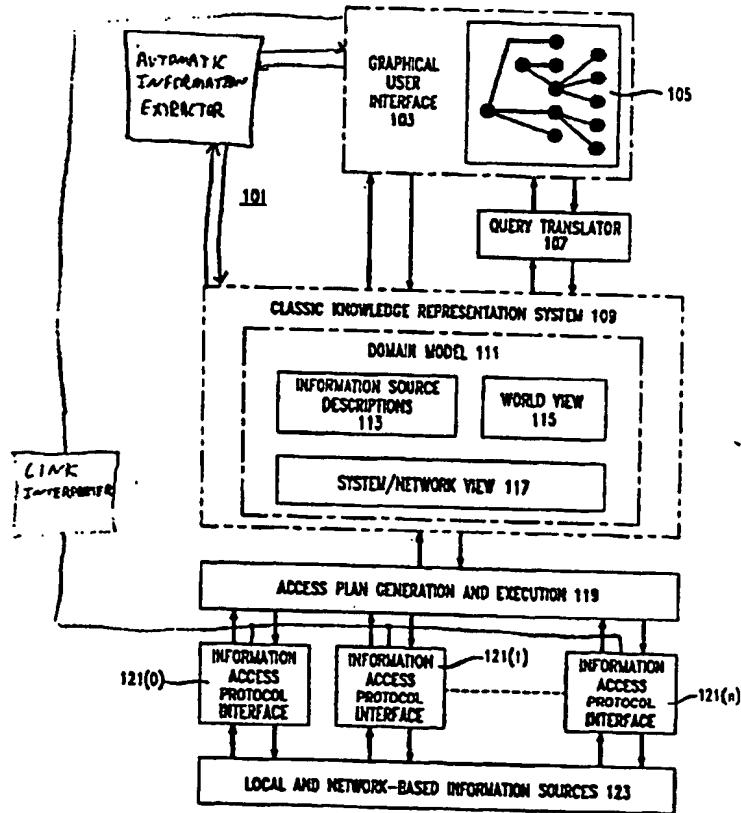
With international search report.

Before the expiration of the time limits for amending the claims and to be republished in the event of the receipt of amendment.

## (54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR RETRIEVING INFORMATION

## (57) Abstract

An information retrieval system for retrieving and organizing information by adding the information to knowledge base (109) for responsive to conceptual query of domain of information. The knowledge base includes a world view (115) which is made up of concepts of the queries for process the system, system view (117) which is made up of concepts to indicate the information accessed, and information source description (113) which the information access for available local or network.



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(18) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表平9-503088

(43) 公表日 平成9年(1997)3月25日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	
G 0 6 F 17/30		9289-5L	G 0 6 F 15/403	3 3 0 B
3/14	3 4 0	9174-5E	3/14	3 4 0 A
12/00	5 4 7	7623-5B	12/00	5 4 7 H
		9289-5L	15/40	3 1 0 C

審查請求 未請求 予備審查請求 未請求(全 87 頁)

(21)出願番号	特願平7-522489
(86) (22)出願日	平成7年(1995)2月27日
(85)翻訳文提出日	平成7年(1995)10月27日
(86)国際出願番号	PCT/US95/02338
(87)国際公開番号	WO95/23371
(87)国際公開日	平成7年(1995)8月31日
(31)優先権主張番号	08/203,082
(32)優先日	1994年2月28日
(33)優先権主張国	米国(US)
(31)優先権主張番号	08/347,016
(32)優先日	1994年11月30日
(33)優先権主張国	米国(US)

(71)出願人 エイ・ティ・アンド・ティ・コーポレーション  
アメリカ合衆国、10013-2412 ニューヨーク、ニューヨーク、アヴェニュー オブ  
ジ アメリカズ 32  
(72)発明者 カーク、トーマス  
アメリカ合衆国、07059 ニュージャージィ、ウォーレン、キング ジョージ ロード 22  
(74)代理人 弁理士 囲部 正夫 (外10名)

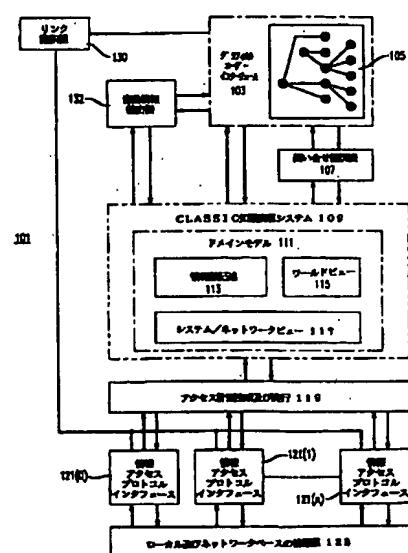
最終頁に統べ

(54) 【発明の名称】 情報を検索するための装置と方法

(57) **【要約】**

複数の情報源（123）から情報を検索し、組織化するための情報検索システム（101）。情報源記述（113）と、ワールドビュー（115）と、システムネットワークビュー（117）とを含む知的ベース（109）は、サブ計画を含む問い合わせ計画を制定するために用いられる。問い合わせサブ計画が実行される場合、問い合わせ計画は、実行されたサブ計画によって検索された情報に応じて冗長サブ計画を枝刈りすることにより最適化される。グラフィカルユーザーインターフェイス（103）は、知識ベースブラウザ／エディタで統合されたハイパーテキストブラウザを含む。ユーザーインターフェイス（103）は、ユーザーがグラフィック操作を介して知識ベース（109）に情報源記述を記憶し、前もって記憶された情報源記述をブラウズできるようになる。構築された情報源を照会し、関連した未構築データソース上にハイパーテキストブラウザを集中するために問い合わせ結果を用いるためにもシステム8（101）は提供する。

FIG. 1



## 【特許請求の範囲】

1. 複数の情報源から情報を検索するための情報検索装置において、情報源はそれぞれ、複数の情報アクセスプロトコルの少なくともひとつによってアクセス可能であり、

前記装置は、

情報のドメインの知識表現上の概念上の問い合わせに対応する知識ベースと、知識表現は、少なくとも、

概念上の問い合わせに用いられる概念の第1のセットを含むワールドビューと、

複数の情報源にアクセスするのに用いられる概念の第2のセットを含むシステムビューとを含み、

知識ベースは、複数の情報源において問い合わせに必要な情報にいかにしてアクセスするかを記述する情報アクセス記述を作り出すように概念の第1のセットと概念の第2のセットを用いることによって問い合わせに応答するものであり、

情報アクセス記述に応じて、複数の情報源の少なくともひとつから問い合わせに応答するために必要とされる情報を得るためプロトコルを用いるための、且つ得た情報を知識ベースに供給するための手段と

からなることを特徴とする情報検索装置。

2. 問い合わせに応答するひとつ以上の情報源から問い合わせ結果情報を検索するための改善された情報システムにおいて、

改善点は、

問い合わせ実行手段からなり、問い合わせ実行手段は、

問い合わせに応じて、情報源から問い合わせ結果情報を検索す

るための問い合わせ計画を生成するための問い合わせ計画生成手段と、

問い合わせ計画に応じて、情報源から問い合わせ結果情報を検索するための問い合わせ計画実行手段とを含み、

問い合わせ計画実行手段は、問い合わせ結果情報に加えて情報源から追加情

報を検索し、

問い合わせ計画生成手段は、問い合わせ計画を修正することによりソース情報に応答する

ことを特徴とする改善された情報システム。

3. 追加情報は、検索された問い合わせ結果情報のタイプを示すタイプ情報であり、

問い合わせ計画生成手段は、さらに問い合わせ計画を修正することによりタイプ情報に応答する

ことを特徴とする請求の範囲第2項に記載の改善された情報システム。

4. 追加情報は、検索された問い合わせ結果情報の情報源を示すソース情報であり、

問い合わせ計画生成手段は、更に問い合わせ計画を修正することによりソース情報に応答する

ことを特徴とする請求の範囲第2項に記載の改善された情報システム。

5. 情報源における情報に関する概念を含む知識ベースを更に有し、

追加情報は、概念の一例であり、問い合わせ計画生成手段は、更に問い合わせと概念とにより要求される例に応答する

ことを特徴とする請求の範囲第2、3または4項に記載の改善さ

れた情報システム。

6. 知識ベースにおける概念は、階層にオーダーされ、

知識ベースは、新たな概念または階層内の新たな例をオーダーすることにより新たな概念または新たな例に応答する

ことを特徴とする請求の範囲第5項に記載の改善された情報システム。

7. 知識ベースにおける概念は、情報源を記述する概念を含むことを特徴とする請求の範囲第6項に記載の改善された情報システム。

8. 情報源は、複数のプロトコルの手段によりアクセス可能であり、

知識ベースにおける概念はプロトコルを記述する概念を含む

ことを特徴とする請求の範囲第6項に記載の改善された情報システム。

9. 情報を検索し、前記検索された情報を管理するための情報検索装置において  
、システムは、

構築されたデータベースと、

検索された情報を表示するドキュメントブラウザと、

前記データベースの構造の視覚的表現を表示するためのデータベースブラウ  
ザと、

前記ドキュメントブラウザから前記データベースへ情報の転送を要求する手  
段と、

前記要求する手段に応じて、前記データベースにおける情報源記述を記憶す  
るための記憶手段とからなり、前記情報源記述は、少なくとも前記検索された情  
報のアクセスパス記述と内容記述とを含むことを特徴とする情報検索装置。

10. 前記データベースの構造の視覚的表現は、ノードおよびエッジとを含む指示  
グラフであり、前記ノードは、クラスと前記クラス間の関係を表示する前記エッ  
ジとを表示し、

前記要求する手段は、前記ドキュメントブラウザから前記指示グラフの特定  
のノードへの情報の転送をグラフィカルに表現するための手段をさらに有し、

前記記憶手段は、前記特定のノードに基づいて前記データベースにおける前  
記情報源を記憶するための手段をさらに有する

ことを特徴とする請求の範囲第9項の情報検索装置。

11. 情報を検索するための情報検索手段と、

前記データベースブラウザに応じて、データベース問い合わせを生成するた  
めの問い合わせ生成手段と、

前記問い合わせに応じて、前記データベースから情報源記述を検索し、前記  
データベースブラウザにおける前記情報源記述の相互作用リストを表示するた  
めの問い合わせ実行手段と、

を更に有し、

前記情報検索手段は、情報を検索するための情報源記述の前記相互作用リス  
トに応じる

ことを特徴とする請求の範囲第9項の情報検索装置。

12. 前記問い合わせ生成手段により生成された問い合わせを修正するためのテキスト問い合わせエディタ

を更に有することを特徴とする請求の範囲第11項の情報検索装置。

13. 前記情報源記述は、情報アクセス属性を更に含み、前記装置は、  
情報を検出するための情報検索手段と、

前記ドキュメントブラウザに応じて、情報が前記情報検索手段により検索される場合、データベースにおける前記情報アクセス属性を更新するための属性更新手段と

を更に有することを特徴とする請求の範囲第9項の情報検索装置。

14. 前記ドキュメントブラウザは、ハイパーテキストブラウザであることを特徴とする請求の範囲第9項の情報検索装置。

15. 前記データベースは、知識ベースであることを特徴とする請求の範囲第9項の情報検索装置。

16. 複数の情報源から検出された情報を管理するための情報検索システムのユーザーインターフェイスにおいて、前記情報検索システムは、構築されたデータベースに情報源記述を記憶するための記憶手段を含み、前記ユーザーインターフェイスは、

コンピュータディスプレイスクリーン上に検索されたドキュメントと前記ドキュメントのアイコン表示とを表示するためのハイパーテキストブラウザと、

前記コンピュータディスプレイスクリーン上に前記データベースの視覚的表現を表示するためのデータベースブラウザと、

前記ハイパーテキストブラウザから前記データベースブラウザ内の前記データベースの前記市か来てき表現へ前記アイコン表示の転送をグラフィカルに表示するためのグラフィカルポインティング手段とからなり、

前記記憶手段は、前記データベースにおけるオブジェクトとして情報源記述を記憶する前記グラフィカルポインティング手段に応じるものである

ことを特徴とするユーザーインターフェース。

17. 前記データベースに前記情報源記述オブジェクトを記憶する前にそれを構造的に編集するためのオブジェクトエディタを更に有することを特徴とする請求の範囲第16項のユーザーインターフェイス装置。

18. 前記情報源記述オブジェクトは、属性からなり、装置は、

前記検索されたドキュメントから情報源記述属性を自動的に抽出し、前記属性でオブジェクトエディタを住まわせる (populating) ための自動情報抽出機を更に有することを特徴とする請求の範囲第17項のユーザーインターフェイス装置。

19. 前記データベースは、前記情報源における情報に関する概念を含む知識ベースであり、前記データベースブラウザにより表示される前記視覚的表現は、概念を示すノードと前記概念間の関係を示すエッジとを伴う指示グラフであり、

前記グラフィカルポインティング手段は、前記ハイパーテキストブラウザから前記指示グラフにおける特定のノードへ前記ドキュメントの前記アイコン表示の転送をグラフィカルに表示するための手段を更に有し、

前記記憶手段は、特定のノードへの前記アイコン表示の転送の前記グラフィカルな表示に応じ、前記特定のノードにより示された概念に関連する情報源記述を記憶するものである

ことを特徴とする請求の範囲第16項のユーザーインターフェイス装置。

20. 前記アイコン表示は、ハイパーテキストリンクであることを特徴とする請求の範囲第16項のユーザーインターフェイス装置。

21. オリジナルの相互作用スクリーンオブジェクトのコピーを記憶するためのスクランチパッドエリアを更に有し、

前記コピーはオリジナルのオブジェクトの相互作用特性を保持することを特徴とする請求の範囲第20項のユーザーインターフェイス装置。

22. 前記グラフィカルポインティング手段に応じて、前記グラフィカルポインティング手段を用いて前記データベースの前記視覚的表示の一部に対するユーザーのポインティングに反応して、データベース問い合わせを生成するための問い合わせ生成手段と、

前記生成された問い合わせを実行し、情報源記述の相互作用リストとして前記コンピュータディスプレイスクリーン上に問い合わせ結果を表示する問い合わせ実行手段とを更に有し、

前記情報検索システムは、前記情報源記述に関連する情報を検出し、前記ハイパーテキストブラウザに前記検索された情報を表示するための前記相互作用リストに表示された前記情報源記述のひとつに対するユーザーのポインティングに応じるものであることを特徴とする請求の範囲第16項のユーザーインターフェイス装置。

23. 未構築のデータソースのセットおよび構築済みデータソースから情報を検索することにより情報のための要求を満たすための情報検索装置において、前記装置は、

問い合わせ実行手段と、問い合わせ実行手段は、

第1の問い合わせに応じて、問い合わせ計画を生成するための問い合わせ計画生成手段と、

問い合わせ計画に応じて、前記構築済みデータソースのセ

ットから少なくともひとつの構築済みデータソースから問い合わせ結果情報を検索するための問い合わせ計画実行手段とを含み、

前記問い合わせ結果情報を用いて前記未構築のデータソースのサブセットを識別するための枝刈り手段と、

前記未構築のデータソースのサブセットをブラウズし、前記第1の問い合わせに応じる情報を検索するための前記枝刈り手段に応じるテキストブラウザとからなることを特徴とする情報検索装置。

24. 情報検索システムにおいて検索された情報を組織化する方法において、前記方法は、

検索されたドキュメントと、テキストブラウザ内の前記ドキュメントのアイコン表示をコンピュータディスプレイスクリーン上に表示する行程と、

データベースブラウザにおける構築済みデータベースのグラフィカルな表現を前記コンピュータディスプレイスクリーン上に表示する行程と、

ユーザーの要求に応じて前記構築済みデータベース内の前記ドキュメントの情報源記述を記憶する行程とからなり、前記構築済み情報源記述は、少なくともアクセスパス記述と内容記述とを含むことを特徴とする方法。

25. 前記データベースは、検索されたドキュメントの静的内容に関連する概要を含む知識ベースであり、前記データベースにより表示された前記グラフィカルな表示は、概念を示すノードと前記概念間の関係を示すエッジとを伴う指示グラフであり、

前記テキストブラウザから前記指示グラフにおける特定のノードに前記アイコン表示をドラッグする行程を更に有し、

前記記憶する行程は、前記特定のノードにより示された概念に関する前記ドキュメントの情報源記述を記憶する行程を更に有する  
ことを特徴とする請求の範囲第24項の方法。

26. 前記指示グラフにおける特定のノードにポイントする行程と、

前記特定のノードにより示された概念の例である情報源記述の相互作用リストを前記データベース内に表示する行程と、  
前記相互作用リストにおける特定の情報源記述にポイントする行程と、  
前記特定の情報源記述により示されたドキュメントを検索する行程と、  
前記テキストブラウザにおける前記書類を表示する行程と  
を更に有することを特徴とする請求の範囲第25項の方法。

27. 未構築のデータソースのセットと構築済みデータソースのセットとを用いて情報のための要求を満たすための情報検索方法において、前記方法は、

第1の問い合わせを生成する行程と、

前記第1の問い合わせを実行し、構築されたデータソースから問い合わせ結果情報を検索する行程と、前記未構築のデータソースのサブセットを認識するために前記問い合わせ結果を用いて前記未構築のデータソースのセットを枝刈りする行程と、

前記第1の問い合わせに応じる情報を検索するためテキストブラウザで前記未構築のデータソースの前記サブセットをブラウズする行程と

からなることを特徴とする情報検索方法。

28. コミュニケーションネットワークから検索された情報を組織を有する情報のボディに追加する装置において、

前記装置は、

検索された情報の表現kのディスプレイと、

組織のノンテキスト表現のディスプレイと、

検索された情報の表現をノンテキスト表現の一部に移動するための相互作用手段と、

相互作用手段に応じて、検索された情報の表現が移動されるところのノンテキスト表現の一部により特定された情報のボディに検索された情報の情報源記述を組み込むための手段と

からなる装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 情報を検索するための装置と方法

発明の分野

本発明は、一般に情報検索に関する。特に、本発明は、複数の情報源から情報を検索し体系付けるための情報検索システムに関する。

発明の背景

現在では、ネットワークがコンピュータを世界中どこにある情報源とでも結び付ける。インターネットでは、専門的なレポート、パブリックドメインソフトウェア、住所録サービスや種々のデータベース（例えば、航空会社スケジュール、株式市場のリスト）などの大量かつ多様な情報にアクセスができる。このように、現在ではグローバルな情報システムについて評することが可能になった。

これらの大量のデータの集まりへの接続で起こる一つの問題は、情報項目の物理的な場所を見失わないようにすることである。興味深い、そして有用な情報が存在することを知っているとしても、適切な情報源を見いだすことができなければ、不十分である。大量かつ多様な情報源と、情報源の間のインターフェースの相違は、位置を選定し、ネットワーク上に情報を呼び出す作業を一層難しくする。これらの問題のいくつかを扱うために、利用可能な情報源の特徴を理解することは重要である。

自治権：最初の特徴は情報源の自治権である。これは情報源（即ち、サイト）が、自身のデータを維持し、更新することを意味する。ま

た、それらはグローバルなインフォメーションシステムのニーズに合うように自身のオペレーションを積極的に変えることはしない。良くても、情報源がその内容を記述したものを積極的に供給するくらいである。

動的な性質：情報源の2番目の特徴は、それらの動的な性質である。特には、現在の情報源が姿を消したり、あるいはもう維持されなくなる一方で、新しい情報源が加わる。

情報源の数：3番目の特徴は、情報源の数が非常に大きいことである。

アクセスのコスト：4番目の特徴は、ネットワークを渡って情報源にアクセスす

るのは高くつくということである（時間と、場合によっては金銭的にも）。

最初の特徴は、グローバルな情報システムを、情報源に自治権がなく、共同動作するデータベース管理の制御下に置かれる分散データベースから区別する。2番目の特徴は、グローバルな情報システムを情報源の集合が比較的安定している（中身は、もちろん、変化するかも知れないけれども）企業体規模のデータベースから区別する。3番目の特徴はグローバルな情報システムを現在のマルチデータベース、すなわち、情報が多くの異なった種類のデータベースシステムに含まれているシステムと区別する。

これらの情報源の特徴は、グローバルな情報システムに対する

アーキテクチャとして以下の特徴を必要とする。

ワールドビュー (world-view) : 情報源の数が非常に大きいため、ユーザーにそれぞれの情報源と個々に対話処理するのを期待することは理にかなっていない。

ユーザーは、問い合わせ (query) が作成できる情報空間について概念的に同一の見方を必要とする。しかしながら、このような情報の見方について単一のものがある必要はなく、多くのユーザーやドメイン固有 (domain-specific) のワールドビューがあってもよい。ワールドビューによって情報源の中身を関係づけるために、サイト記述書が必要になる。

サイト記述の効果的な表現 : 情報源の数が非常に大きいこと、また、これらの情報源にアクセスするのが高価であることから、問い合わせに答えるとき、グローバルな情報システムは呼び出す情報源（即ち、サイト）の数を最小にしなくてはならない。よって、サイト記述のキーとなる必要条件は、呼び出された情報源から余分なものを取り去るシステムを可能にする種々の制約を表現するのに十分豊かであるということである。

拡張性 : 情報源が動的な性質を持っていることから、情報源によって供給された新しい種類の情報を管理するために、ワールドビューは容易に拡張可能であるべきである。

問い合わせのみ : 情報源に自治権があるので、グローバルなインフォメーションシステムが世界共通の問い合わせをサポートすること

は可能であるとしても、それに対し世界共通に更新がサポートされると期待することは理にかなっていない。

本出願は上記の特徴を有する情報検索システムを開示する。

大量のデータの集まりへの接続で起こるもう1つの問題は、情報に何らかの概念組織の型を課すことである。収集する情報の量が増加するにつれて、概念組織を課すことは一層難しくなる。

情報に組織化を課するために使われている技法にはユーザーと情報を含んでいるデータベースシステムの間に知識ベースを課することである。この技法で、情報の概念組織は知識ベースによって証明される。概念を含む問い合わせが知識ベースに作られ、知識ベースは、それらをデータベースシステムを参照するのに必要なコマンドに翻訳する。例えば、1993年5月19日に発行されたアレクサンダ・ボルギダ (Alexander Borgida) とロナルド・ブラッチマン (Ronald Brachman) のヨーロッパ特許出願第0542430 A2、情報アクセス装置と方法 (Information Access Apparatus and Method) を参照のこと。ネットワークを横断して情報にアクセスするための知識ベース・システムを採用した情報検索システムを構築しようという試みもされてきた。このようなシステムの一つの例は、SIMSプロジェクトによって作られたもので、1992年バルチモアMD「情報と知識管理に関する第一回国際会議の会報 (Proceedings of the First International Conference on Information and Knowledge Management)」のYigal ArensとCraig A Knoblockによる意味的にモデル化されたマルチデータベースのための問い合わせの言い換えと計画 (Planning and

reformulating Queries for Semantically-modeled Multidatabase Systems) に記述されている。

これらの試みでも未解決で残された問題には、適切な情報源の効率的な位置の選定とシステムが情報の所在についてその知識を表現する方法が含まれている。ネットワーク上に情報源を呼び出すことは高価である。それで、呼び出されなくてはならない外部の情報源の数を最小にするアクセス計画を生成する情報検索システムを持つことが望ましい。この問題を解決すること、そしてこのような最小

化をするのに改善された技法を提供することは本発明の一つの目的である。

インターネット (Internet) の上の情報ナビゲーションを単純化する別の主導となるものはワールド・ワイド・ウェブ (World Wide Web: WWW) である。WWWはマルチメディアデータに一層都合が良いアクセスを可能にするためにインターネット (Internet) プロトコルとハイパーテキストデータモデルのファミリーをカバーする。ハイパーテキストドキュメントに埋め込まれるハイパーテキスト・リンクは、リンクによって指名されたデータを検索するためのフォーマットやアクセス方法や所在と同様に、情報の部品の間の関係を表現する。

WWWへのソフトウェアインターフェースがそれらのハイパーテキスト・リンク上にデータの検索が単純なオペレーションによって行われるような方法でユーザーにこのデータを表示する。これらのインターフェースはアクセスの隠れている細部によって、ナビゲーション、検索、情報の表示の作業を容易にする。

ハイパーテキストモデルでは、使用は単純かつ便利ではあるが、

情報の合理的な組織を作ることに貢献しない。それどころか、関連によって示された関係は任意である、それゆえWWW中の情報相互に結び付けられたボディは、まだたいてい組織立てられておらず、混乱に陥っている。その結果、WWW上の情報検索がまだ骨が折れる、そして時間がかかる過程であるということである。

現在のWWWへのソフトウェアインターフェース (WWWクライアントと呼ばれる) がこの過程により手助けをする1つの方法は、情報源の場所を突き止めるについての過程を、将来の情報アクセスのために繰り返す必要が無いよう、ユーザーが連結を保持することを許容することにより、興味深い情報源を見失わない方法を提供することである。特に、多くのユーザーは、そこに容易に戻れたらいいと思う有益な情報源があることがわかる。現在のWWWクライアント技術の状態は、これらの関連をリストに記録することができる。このようなリストは、前に呼び出された情報源にダイレクトにアクセスを許すことにより、WWWをナビゲートする代わりの方法を与える。このようなメカニズムは、実際に効果的なWWWナビゲーションに欠くことができないことが分かった。

このアプローチの弱点は、これらのリストは、すぐにサイズが大きくなってしまって管理不能になることである。大きなリストから、以前に保管された情報を探し出すのは困難であろう。同様に、情報の組織全体を見渡す能力に欠けるため、このようなリストの効果を減じてしまう。加えて、これらのリストは情報源について最小限の情報、一般的にはWWWにおける情報源のアドレスと考えられるユニバーサル・リソース・ロケーター（URL）しか保持しておらず、またテキストが正確に情報源の中身を記述するかも知れないし、あるいは

はそうでないかも知れない。

別の本発明の目的は改善された情報検索システムユーザーインターフェースを提供することによって従来に技術の欠点を解決することである。

#### 発明の概要

本発明は、情報の概念組織を提供するために使われる知識ベースに位置選定の情報と情報へのアクセスの情報を加えることによって、これらの情報を検索システムの中に統合する。本発明の情報検索システムでは、知識ベースはシステムに作られた概念問い合わせに採用される概念で構成されたワールドビューを含むだけでなく、情報源にどのようにアクセスすべきかを示す概念で構成されたシステムビューも含む。システムがユーザーの概念問い合わせに応答する時、情報アクセス記述を作り出すためにワールドビューとシステムビュー両方の概念を使う。情報アクセス記述は、どのように情報をローカルまたはネットワークの手段によって利用可能な情報情報源から呼び出すべきであるかを記述する。情報アクセス記述は本発明の別の構成要素で解釈されて、問い合わせに答えるために必要な情報を検索するのに要求されるプロトコルを作り出す。

本発明の最小化技法のための基礎はほとんど、概念や役割と同様にn項関係を含むデータモデルである。拡張されたデータモデルは、最小化技法のために情報を供給するために必要なサイト記述言語を認める。サイト記述言語がワールドビューとサイト（情報情報源123）の中身を関係づける。問い合わせに能率的にと答えるのに有効なサイト記述言語の重要な局面は次のとおりである：（1）

ワールドビュー 105 にある関係とサイトにある関係の意味的内容とを関係付けること（特に、関係している意味的内容が関係しているスキーマ情報を含むことに注意すること）。（2）ワールドビューの断片についての完全な情報をサイト関係が含むことを明記すること。（3）情報情報源が効果的に答えることができ問い合わせの形式を明示すること。

本発明のサイト記述は、最終的に、アクセスしたサイト関係の数を最小にする新しい問い合わせ最適化技法を認める。最適化技法は次のことである：（1）サイト記述にある制約事項と問い合わせを用いて、問い合わせに対して的確でないサイト関係を取り去り、（2）サイト関係の完全性についての情報を用いて冗長なサイト関係を取り去る。

最適化技法の重要な局面は最適化が動的にされるということである。従来のデータベース問い合わせの最適化では、問い合わせ計画は完全にコンパイル時において生成されて、走行時においては修正されない。問い合わせ計画生成フェーズと計画実行フェーズが相互に作用する動的問い合わせ計画を持つことは決定的である。同じく、開示されたものは、動的な問い合わせ計画を作り出すためのアルゴリズムである。

もう 1 つの本発明の局面は、情報検索システムのために改善したユーザーインターフェースである。望ましい実施例では、情報検索システムは複数の情報源から情報を検索して、そして情報源記述を知識ベースにしまっておく。これらの情報源記述は情報源を記述する種々の属性を含んでいる。

インターフェースは知識ベースのブラウザ／エディタと一緒につな

がれたハイパーテキストブラウザを含む。ハイパーテキストブラウザは、ワールド・ワイド・ウェブなどの情報スペースをチェックするために使われる。知識ベースブラウザ／エディターは知識ベースで概念の一般論分類法に相当する指示グラフ（Directed graph）を表示する。重要な情報源（ドキュメントのような）が検索されたとき、ユーザーは、グラフィカルなユーザーインターフェースによって情報源の記述を知識ベースにしまっておいてもよい。例えば、ドキュメントの中のアイコンをポイントして、知識ベースブラウザ／エディターの中にアイコンを

ドラッグすることにより、システムは知識ベースに重要な情報源記述物を保管するであろう。システムはドキュメントから自動的にある特定の情報源記述属性を引き出すであろう。ユーザーは指示グラフの特定のノードにアイコンをドラッグすることによって情報源記述が例となるべき特定の知識ベース概念を指定してもよい。システムは知識ベースオブジェクトとして追加する前に、逐語的に情報源記述属性を編集する手段を提供する。

知識ベースブラウザ／エディターは知識ベースをブラウズするためにも使われる。ユーザーが指示グラフ上でノードをポイントすると、システムは、そのノードに関連する概念の例として保存される情報源記述オブジェクトのリストを表示する。このリストは対話型であって、ユーザーが表示されたオブジェクトの一つをポイントして、オブジェクトに関連づけられたドキュメントを検索し、ハイパーテキストブラウザに表示したりができる。システムは、ユーザーが原文の問い合わせに入力することによって知識ベース上に一層複雑な問い合わせを実行することも許す。

#### ハイパーテキストブラウザによってブラウズされた情報スペース

は、一般には組織立てられていないデータ情報源を含んでいるであろう。これらのデータ源は、情報に明示された構造がないという点で、ブラウズするのには適切である。本発明の別の局面に従えば、構造化されたデータベース・問い合わせが、ユーザーに組織立てられていないデータ情報源から情報を提供するために使われるかも知れない。ユーザーが問い合わせとして、システムに情報への要請を作る。システムは構造化されたデータ源から可能な限り多くの情報を検索することによって問い合わせに応答する。そこで、この情報は、このようなデータ源の下位グループを識別するために、組織立てられていないデータ源の集合から（余分なものを）取り去るのに使われる。そこで、ハイパーテキストブラウザはこの組織立てられていないデータ情報源の下位グループをブラウズする。この方法で、ユーザーは情報の要請に最も適切な組織立てられていない情報源に集中できる。

これらと本発明の他の利点が次の詳細な記述と添付の図画に言及することによ

って一般の当事者に明白になるであろう。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、情報検索システムの概念的な概観図である。

図 2 は、好ましい実施例におけるサイト記述の詳細である。

図 3 は、問い合わせサブ計画を生成するために、好ましい実施例において採用されるアルゴリズムを示す。

図 4 は、動的な問い合わせ計画生成のために、好ましい実施例において採用されるアルゴリズムを示す。

図 5 は、好ましい実施例におけるアクセス計画生成と情報検索シ

ステム 101 の実行部分 119 の詳細なブロック図である。

図 6 は、本発明に従ったユーザーインターフェースの好ましい実施例における最初の画面表示を示す。

図 7 は、本発明に従ったユーザーインターフェースの好ましい実施例における 2 番目の画面表示をしめす。

図 8 は、本発明に従ったユーザーインターフェースの好ましい実施例におけるパス履歴ブラウザを示す。

#### 発明の詳細な説明

##### アーキテクチャ

##### アーキテクチャの概観

図 1 は情報検索の概観に発明の原理を含む装置 101 を提示する。情報検索装置の好ましい実施例は、デジタルコンピューターシステムとインターネット通信ネットワークによってアクセスできる情報源を使って実施される。装置 101 の中心の構成要素は、分類、包摶、完成の推論を実行できる記述論理に基づいた知識表現システム（好ましい実施例の CLASSIC）の上に作り上げられた知識ベース 109 である。知識ベースはジェフリー D. ウルマン (Jeffrey D.Ulman) の「データベースと知識ベースシステムの原理 (Principles of Database and Knowledge-base Systems)」1～2巻、コンピュータサイエンスプレス (Computer Science Press)、ロックビル (Rockville) MD 1989 年に、一般的

に説明されている。CLASSICに関する記述は、アレックス・ボルギダ

(Alex Borgida)、ロナルド・ブラッチマン、デボラ・マックギネス (Deborah McGuiriness)、ローリ・レスニック (Lori Resnick) による「CLASSIC : オブジェクトのための構造化データモデル (A Structured Data Model for Objects)」1989年ACM SIGMOD国際データ管理に関する協議会 (International Conference on Management of Data) 会報 59~67ページ、J.Sowa版「意味ネットワークの原理 (Principles of Semantic Networks)」中の 1989年 R. J. ブラッチマン (R.J.Brachman) 他による「CLASSICとの生活 (Living with CLASSIC)」、1991年カフマン (Kaufmann) による「知識表現における探査 (Explorations in the Representations of Knowledge)」401~456ページ、1991年 L. A. レスニック (L.A.Resnic) 他による「CLASSIC : CLASSICユーザーマニュアル」AT&Tベル研究所技術レポートに見られる。

知識ベース 119 は、装置 101 を通してアクセスできる情報を組織化して、システム 101 のユーザーが情報を見て、使おうとする方法に適する概念の集合にするドメインモデル 111 を構成するために使われる。システム 101 では、ドメインモデル 111 が 3 つの構成要素を持っている。それらは、システムのユーザーが検索した情報を見る方法に対応する概念を含むワールドビュー 115 と、情報と情報にアクセスするのに用いる通信プロトコルを含むデータベースの文脈に情報を記述する方法に対応する概念を含むシステム/ネットワークビュー 117 と、そして、概念のレベルにおいて情報源を記述した概念を含んでいる情報源記述 113 である。システム/ネットワークビュー 117 と情報源記述 113 は、通常ユーザ

ーには見えない。しかしながら、ドメインモデル 111 のこれらの各部が果たす概念は、問い合わせを満足する方法を決定する推論過程に完全に参加する。

CLASSICのような記述論理システムを使うことの重要な利益は、新しい情報がシステムに加えられるとき、既に知識ベース 109 にある概念に関して新

しい情報を組織化する作業の多くが自動的になされるということである。ただ情報の周知の属性の記述だけは指定しなくてはならない。そして、CLASSICの推論機構は、概念ハイアラキーの適切な場所に自動的にこれらの記述を分類する。

システムとユーザーとの対話処理は、高レベルの概念（ユーザーに有意義な情報への位置付けとアクセスのための詳細にわたる純粋な概念）によるブラウズと問い合わせのオペレーションを通して達成される。これらの概念は、問い合わせが実行されている情報の型と内容についてユーザーが考える条件を反映するよう意図してある。これらの高レベルの概念が働くことによって、ユーザーは多数の遠隔地の情報サーバーに渡る情報への位置付けと分配の細部について重荷を降ろされる。

情報源は一般に（限定はされないが）、標準的なインターネットコミュニケーションプロトコルによって呼び出されるネットワーク・ベースの情報サーバーである。情報源はまた、データベース、一般ファイルとディレクトリ、他の知識基盤を含むことができる。

#### ユーザーインターフェース

ユーザーはグラフィカルユーザーインターフェース 103 を通して

システムと対話処理をする。一般に、このインターフェースによってサポートされる対話処理の2つの主要なモードは、問い合わせ処理とブラウズ処理である。どちらの場合でも、ユーザーは、ドメインモデル 111 の「ワールドビュー」部分 115 に関するブラウズ処理と問い合わせ処理両方のオペレーションを表現する。CLASSIC 109 での知識ベースブラウザでは、ユーザーは概念分類法を見たり、インタラクティブ（対話処理的）に探索することができる。概念分類法は、指示グラフ 105 としてグラフィカルに表現され、そこでは、ノードが概念に対応し、端は概念間の親子関係を示している。知識表現システムでの分類推論は、新しい概念を今ある概念に関する分類法における正しい位置に、自動的に位置付けする。高レベルの世界概念 115 も低レベルのシステム概念 117 も単一のドメインモデルに共存するので、ユーザーインターフェースの重要な役割は、間

い合わせの結果や分類法ブラウザの中にユーザーが見るビューからシステムビューをろ過することである。本発明のユーザーインターフェース 103 を、より詳細に以下に記述する。

#### 問い合わせ翻訳機 107

システム 101 で使われる問い合わせ言語は、CLASSIC に基づいているが、ユーザーがより簡単に問い合わせが表現できるようにする追加の構成（者、機能）を持っている。問い合わせは、概念と、知識ベースのワールドビュー部分に現れるオブジェクトに関して定式化される。問い合わせ翻訳機 107 は、問い合わせ言語で表現された問い合わせを、知識ベースを調べるために用いる CLASSIC 記述言語表現に翻訳する。記述言語の表現力には限度があり、

特別な目的の問い合わせ演算子が必要となることから、問い合わせ言語は、知識表現システム 109 の記述言語では表現できない要素を含んでいるかもしれない。記述言語表現への部分的な翻訳の後に、問い合わせの残っている断片は、問い合わせ評価の一部として実行される手続きのコードに翻訳される。

#### 知識表現システム 109

知識ベースは、情報人工物自身は知識ベースの外部のままであるという意味で仮想の情報蓄積である。その代わりに、システムはこれらの情報人工物の場所とそれらを検索する方法について（ドメインモデル 111 に関して）詳細な情報を蓄積する。1つの特定な情報の検索は、問い合わせの一部を満足することが必要とされる時、要求され次第なされる。この方法で管理される情報の型はファイル、ディレクトリー、インデックス、データベースなどを含む。知識ベースが実装されたドメインモデルは、ワールドビュー 115、システム／ネットワークビュー 117 に論理的に分解され、そして情報源記述ワールドビューは、それによってユーザーが対話処理し、問い合わせを表現する概念の集合である。システム／ネットワークビュー 117 は、好結果の問い合わせを生成するのに不可欠ではあるが、通常ユーザーはそれに興味が無い低レベルの細部に関係する。情報源記述 113 は、情報源を表現するための概念の集まりである。これらの情報源記述は世界とシステム両方の概念に関して表現される。ドメインモデルで情報源記述

をコード化する目的は、問い合わせを満足するために、どの情報源を調べなくてはならないかを CLASSIC が推論することを可能にすることにある。

システム／ネットワークビュー 117 を含むシステム概念を、情報アクセスの低レベルの細部を記述する概念と定義する。これは、ネットワークコミュニケーションプロトコル、位置アドレス指定、記憶フォーマット、インデックス型、ネットワークテクノロジーや接続性などの概念を含んでいる。知識ベースは一般に、前に検索された情報を蓄積しておく代わりに単に情報を検索するので、システム／ネットワークビュー 117 は、特質を決定することに関係する、場所や検索方法や内容のフォーマットのようなすべての概念を含む。

より詳細に説明すると、ワールドビューの中の概念は、ユーザーによく知られているものを記述するものであって、ユーザーが興味がある情報人工物の特徴を記述する概念である。情報源記述 113 の中の概念が、ワールドビュー 115 での概念を情報源の意味の内容に関する概念に関連付ける。このように、ワールドビューの概念を使用する問い合わせが与えられて、知識表現システムは、問い合わせで使用した概念と実際の情報源とを関係付けるために、情報源記述の中の概念を採用することができ、また問い合わせで使用した概念と問い合わせに答えるよう要求された情報源からどのように情報を検索するかを記述したアクセス計画とを関係付けるために、システム／ネットワークビューを使用することができる。

#### アクセス計画生成と実行

ユーザーが情報を得ることを望む時、ユーザーはグラフィカルなユーザーインターフェースにおいてシステム 101 の問い合わせ言語で問い合わせを入力する。そこで、システム 101 は問い合わせに応答する。そこには、いくつかのステップが含まれている。最初に、

問い合わせ翻訳機が問い合わせを、その知識表現システム 109 が返答できる形式に変換する。そこで、翻訳された問い合わせは、知識ベースシステム 109 で分析され、どの外部の情報源が問い合わせに関係があるか、そして、どの部分間

い合わせをそれぞれの情報源に送る必要があるかを決定する。このステップはワールドビュー 115 とシステム/ネットワークビュー 117 を使う。システム/ネットワークビュー 117 での情報は、後にもっとより詳細に記述するサイト記述言語で表現される。

知識ベース 109 は、情報源 123 での問い合わせのために必要な、情報を呼び出す方法を記述している、情報アクセス記述を作り出すために、ワールドビューとシステム/ネットワークビューからの概念情報を使う。知識ベース 109 は、アクセス計画生成と実行をする構成要素 119 に情報アクセス記述を供給し、そしてそれは情報源から情報を検索する必要とされる実際のコマンドを含めてアクセス計画を組み立てる。

1. 計画の組み立て：情報アクセス記述を与えられて、計画者 119 は、どの情報源 123 にアクセスするか、ユーザーの問い合わせに答えるために、どのように部分的（に得られる）回答を組み合わせようかの指図を決定する。このステップと従来のデータベース技法の間の重要な相違は、その計画者が、部分的な回答が得られた後、計画を変えることができるということである。再計画は、情報源記述またはシステム/ネットワークビューからの概念と、ここまで探索結果に基づいた推論を当然含んでもよい。

2. 計画具体化：前のステップでは論理的な情報源アクセスのレベルにおいて計画を作り出した。このステップはこれらの論理的なアクセスを取り出し、そして特定のネットワーク指令にそれらを翻訳する。この段階は 2 つの局面を持っている。

● フォーマット翻訳：サイトの記述は論理的なレベルにおいて与えられる。しかしながら、実際にサイトを呼び出すために、特定の問い合わせ言語の文法に従わなくてはならない。このステップで、これらの翻訳がされる。

● 特定のネットワーク指令がサイトを呼び出すために生成される。ここで、システム/ネットワークビューからの情報が考慮に入れられる。アクセスするサイトに従って、システムはアクセスを行うために適切なコマンドを生成するであろう。

サービスやサイトー特有のアクセスコマンドへの翻訳は、次のセクションで記述される情報アクセスプロトコルモジュール 1 2 1 (0..n) によって行われる。

上記の過程について、いくつかの要点を注目すべきである。

● 計画を実行することにおいて、システム 1 0 1 は、システムがその中間結果を保管するために、システム 1 0 1 を実行するコンピューターシステムのワークスペースを使う。

● 計画の一部を実行した後で、システムが残りの問い合わせのために再計画することに決める場合もある。

#### 情報アクセスプロトコルモジュール 1 2 1

情報源へのアクセスは、多様な標準的なアクセスプロトコルを使ってされる。これらのモジュールの目的は汎用のアクセスオペレーション（検索、リストコレクション、検索のインデックス）を情報源から予想される形式に対応するオペレーションに変換することである。多くの標準的なインターネットアクセスプロトコルのために、翻訳は直線的になされる。

これらのモジュールによってサポートされるアクセスプロトコルの例には、インターネット R F C ドラフト基準書によって明記されたネットワークプロトコル、F T P (ファイル転送プロトコル)、G o p h e r、N N T P (ネットワーク・ニュース転送プロトコル)、H T T P (ハイパーテキスト転送プロトコル) が含まれる。さらに、他のモジュールが（ネットワークベースに対して）ローカルなファイルシステムとデータベースなどのローカルな情報記憶へのアクセスをサポートする。

#### サイト記述言語

前に指摘したように、情報源記述 1 1 3 での概念は情報源 1 2 3 とワールドビュー 1 1 5 での概念を関係付ける。これらの関係は「サイト記述言語」を使って表現される。C L A S S I C と関係する知識表現システムは、サイト記述の役割を果たすことができる記

述言語を採用するが、このようなサイト記述言語では能率的な推論ができない。

望ましい実施例では、CLASSICを伸ばすサイト記述言語の使用によって効率が十分に増している。

望ましい実施例で採用する場所記述言語の次の論議では以下に例を使用する。

我々が種々の旅行業者から航空会社観光地について情報を得ることができるアプリケーションを考えよう。我々は、特定の旅行業者によって与えられた運賃や、彼らの電話番号を得るために電話帳にアクセスができる。実際は、見積もり価格と電話リストについての情報は、情報の異なった部分を含んでいる異なった外部のデータベースサーバーにわたって分散されているかも知れない。例えば、いくつかの旅行業者は家庭の旅行をだけ扱うかも知れないし、また別の業者はある特定の航空会社を扱うかも知れない。いくつかの旅行ブローカーはぎりぎり最後の予約、例えば、次の1週から始まっている観光地をだけ扱う。同様に、住所録情報が区域コードによって分散させられるかも知れない。ある区域コードでは、すべてのリストが1つのデータベースであるかも知れないし、一方、別の区域コードでは、住宅そしてビジネスの顧客によって分割しているかも知れない。

場所記述言語のための出発点はCLASSICで使われる記述言語である。記述言語は、3つの型のエンティティーから成り立つ：概念（一つだけの関係を意味している）、役割（2つから成る関係）、と個体（オブジェクト定数）。概念は、個体が概念に属するために満足しなければならない特性を指定する「記述」として定義できる。2つのオブジェクト間からなる関係が役割として参照され、そして

概念を定義するための複雑な記述を構築するために使われる。記述論理は、記述を構築するのに使用する言語で利用可能な構築機能の型によって変化する。記述論理は豊かな階層構造で、領域内で、表現したり、推論したりすることに非常に向いている。CLASSICで使用する以外の記述言語が存在して、そしてサイト記述言語の出発点として使われるかも知れない。唯一の必要条件は、包摂の問題（すなわち、記述D<sub>1</sub>がいつも記述D<sub>2</sub>を包含するか）が決定可能であることがある。我々は、D = d<sub>1</sub> . . . d<sub>1</sub>によって我々の表現言語で概念を示す。

我々の（先の）例では、電話顧客の種々のタイプを記述した概念の階層を持つことができる。概念 `customer` は、すべての顧客と、特に、互いに共通元を持たない部分概念 `Business` と `Residential` を含む基本概念である。それそれのビジネス顧客の要素は、それが行うビジネスの型を指定している役割 `BusinessType` 持っている。これらの基本概念が与えられて、記述によって概念 `TravelAgent` を定義することができる。

(AND `Business`(fills `BusinessType`"Travel"))

記述言語の 1 つの制限は、それらは、当然一般的な  $n$  項関係をモデル化しないことである（関係は、行と列を持つテーブルと考えられる。 $n$  項関係は  $n$  個の行を持っている）。 $n$  項関係は、実際はごく一般に起こる、そしてこのような関係を扱うことは任意の関係データベースを含む外部の情報源をモデル化するのに不可欠である。それ故、我々の表現言語は、一般的な  $n$  項関係のセット  $\varepsilon = E_1, \dots, E_n$  で記述言語を拡大する。一般的な  $n$  項関係が記

述言語の一部ではないことは強調すべきである。今後、関係のセット  $\varepsilon$  U D を外部の知識表現システム 109 に記憶された関係と区別するために、知識ベース関係と記述する。本出願の領域は、当然次の 2 つの関係によって概念化される。

- `Quote`(`ag`, `al`, `src`, `dest`, `c`, `d`) は、旅行業者 `ag` が日にち `d` に航空会社 `al` で `src` から `dest` まで旅行するのに価格 `c` を見積もったことを意味する。
- `Dir`(`cust`, `ac`, `telNo`) が、区域コード `ac` の顧客 `cust` と電話番号 `telNo` の住所録リストを与える。

我々の表現言語の重要な局面は CLASSIC が能率的に推論することができる「制約」を用いた豊かな意味構造を（捉えて）表現する能力である。ひとつの「原子制約」は、形式  $D(x)$ （ここで  $D$  は、 $D$  の中のある概念であり、 $x$  は変数である）、または  $(x \theta x_j)$ （または  $(x \theta a)$ ）（ここで  $x_i$  と  $x_j$  は変数で、 $a$  は定数、そして  $\theta \in \{>, \geq, <, \leq, =, \neq\}$  である）のどちらかである。任意の制約条件は、論理演算子  $\wedge$  と  $\vee$  を用いて、原子制約から形成できる。CLASSIC は、記述論理の中の接推論を使って、能率的に 1 つのクラス

が別のクラスを包括するかどうか決定することができる。他のよく知られている技法が、オーダー制約について含意推論するために使われる。詳細については、上記のウルマンの文献を参照のこと。どの制約原子も、含意／包摂推論が能率的にされるかについて使われるかも知れない。制約は、情報を集める

のに主要な役割を演じ、またいくつかの手段で使われる。最初に、一般的な  $n$  項関係  $E$  についての意味の知識が制約によって関係のアーギュメント上に表現できる。我々の例では、関係  $Q u o t e$  の最初のアーギュメントが概念  $T r a v e l$   $A g e n t$  の要素であるはずであると明示できる。2番目は、我々が、次のセクションで論じるように、制約は、外部のサイトにある情報の部分集合を指定するのに使うことができる。例えば、旅行業者が、そのコストが 1000 ドル以下であるフライトだけを持っているかも知れない。最後に、以下に見るように、制約は複雑な問い合わせを指定することにおいて非常に有用である。

制約は、知識ベース関係の「拡張」の特性、すなわち、知識ベース関係と特性によって指定された情報、を記述するために、概念や知識ベース関係と一緒に使われるかも知れない。拡張での情報は知識ベースから来るかも知れない、しかし多くの場合、それは 1 つ以上の情報源から来るであろう。知識ベースに概念と関係の拡張が完全に存在していないかも知れないとしても、概念の定義は知識ベースに存在すると想定する。しかしながら、我々はその拡張が知識ベースに存在する概念を含んでいる制約だけを想定する。

(以下に公式に定義された) 問い合わせの条件のもとで、知識ベースシステムは、問い合わせに答えるのに必要とされる関係の拡張の欠けている部分を、外部のサイトに存在する情報を使って推定しなくてはならない。論議の目的のため、知識ベースは同じく拡張の一部を含んでいる情報源とも見なすことができる。適切なサイトを見いだすことについての問題は、システム 101 のために決定的な問題であることは実感すべきである。問題への経済的な解決は問い合わせに答えるためにだけではなく、他のオペレーションのためにも重要である。例では、以下を含む。

- 知識ベースに更新処理をするには、適切なサイト関係を更新する必要があり、それ故、適切なサイトを決定することが必要である。
- 能率的に時間を追って問い合わせをモニターするには、正確にどの外部のサイト関係がモニターされるべきであるかを決定することが必要である。
- サイト関係の間で一貫性を持続するにも、再度、どのサイトが決められた一貫性状態に関係がある情報を含んでいるか決定することが必要である。

適切なサイトを見いだすことは、Alon Y. LevyとYehoshua Sagivの「制約とデータログにおける冗長性 (Constraints and Redundancy in Datalog)」1992年カリフォルニア州サンディエゴ、データベースシステムの原理に関する第1回ACM SIGACT-SIGMOD-SIGARTシンポジウム会報、に記述されたアルゴリズムを拡張することによって実現される。我々にそのアルゴリズムを使うことができるようにする重要な観察は、制約を表現するための言語（概念記述とオーダー制約事項）が、その文書で略述した問い合わせツリーアルゴリズムの要件を満たすことである。サイトの最小部分を見いだすことは2つの階段でされる。第

1のステップは知識ベース関係のどの部分が問い合わせを解くのに必要とされるか決定する、そして第2のステップは知識ベース関係の適切な部分を計算するのに、サイト関係のどの部分が必要とされるか決定する。アルゴリズムは問い合わせツリーを使う、そしてそれは、ある特定の関係に関して表現された問い合わせの条件のもとで、言及された関係のどの部分が問い合わせに関係があるかを明示するための道具である。第1のステップはユーザー問い合わせのために、知識ベース関係に関して問い合わせツリーを建てて、そして問い合わせからKB関係まで制約をプッシュすることによってなされる。2番目のステップはそれぞれの適切なKB関係（外部のサイトに関して定義される）のために問い合わせツリーを建て、制約を外部のサイト関係にプッシュすることによってなされる。

次の論議は、次の動作している例を使用する。

例5. 1: データベースの大量の集積にアクセスしているかなり多くのシステムがある。2種類のデータベースにアクセスするようなシステムを考える：（1

) フライト情報と合衆国の種々の旅行業者の見積もり価格データベースと (2) 合衆国の種々の電話会社の電話帳データベース、から種々の旅行業者の電話番号を得る。

これらの異なったデータベースはしばしば冗長に同じ情報を含んでいる。例えば、ユナイテッド航空データベースはユナイテッドのフライト旅行と見積もり価格についての情報を含んでいる一方、ある旅行業者のデータベースが合衆国の国内のフライトについてフライトと見積もり価格の情報を持っているかも知れない。同様に、電

話帳情報は区域コードごとに分けられたデータベースに存在するかもしれないし、あるいは顧客（例えば、旅行業者）のタイプによって分けられたデータベースに存在するかもしれない。

このデータベースの集積にアクセスしているユーザーは、多様な情報、例えば、航空会社あるいは旅行業者（どこでもよい）によって提供される最も安いフライト、最も安い取り引きを提供する旅行業者の電話番号など、を得ることに興味を持っているかも知れない。今日のシステムのユーザーが直面する重要な問題は、重要な情報を探すために、ユーザーは種々のデータベースを一つ一つ検索するという、高価で非常に時間がかかることが必要であることがある。例えば、異なった旅行業者によって提供される見積もり価格データベースが、彼らの情報を表現するのに、異なるスキーマや異なる規格を使うかも知れないという事実によって問題は悪化する。

#### ワールドビュー 115

好ましい実施例におけるワールドビュー 115 は、次の種類の構成要素からなる：

汎用 n 項関係：これらの関連する属性値は、（以下に記述する） C L A S S I C 概念により定義されるさらに複雑なタイプと同様、整数およびストリングのような古来のタイプを含むたくさんの種類から引き出される。われわれは、これらの関係を ε とする。

概念およびオブジェクト：ワールドビューのデータモデルは、C L A S S I C の

概念およびオブジェクトを含む。C L A S S I C では、

概念（オブジェクト向きデータベース内のクラスに対応する）は、オブジェクトが概念に属するために満たすべき特性を特定する記述によって確定される。C L A S S I C の概念を集めることによって、リッチタイプの階層とみなせる。

概念は、単項関係とみなせる。この関係の拡張は、概念記述を満たすすべてのオブジェクトを集めることである。ワールドビュー 115 における概念は、D で示される。関係の組み合わせ  $W = D \cup \epsilon$  は、ひとまとめにしてワールドビュー関係として参照され、このフォントでのタイプセットである。

制約事項：ワールドビューのデータモデルの重要な部分は、オーダー制約事項（たとえば、 $AC = 212$ 、 $cost < 1000$ ）などの制約事項を用いてワールドビュー関係についての豊富な意味論上の情報を説明できるということである。なお、概念もまた、意味論上の制約事項を説明するために用いることができる。

ワールドビューにおける汎用 n 項関係を持つということは、任意の関係データベースを含むモデリングサイトにおいて不可欠である。（たとえば、S I M S システムのワールドビューにおいてこの特徴は存在しない）S I M S の詳細は、Y. アレンス (Y.Arens) 、C. Y. チー (C.Y.Chee) 、C. ナン・スー (C.nan Hsu) 、C. A. ノブロック (C.A.Knoblock) の「多数の情報源からのデータの検索および統合 (Retrieving and integrating data from multiple information source)」インテリジェントおよび共同情報システム

についての国際ジャーナル (International Jurnal on Intelligent and Cooperative Information Systems) 1994 年を参照のこと。しかしながら、関連データモデルにおける既知の問題は、関係の引数位置に生じる値についてリッチタイプの構造を提供しないということである。値を豊富なセットのタイプから引き出されるようにすることにより、関連データモデルのモデリング能力をかなり増加する。これは、C L A S S I C のオブジェクト向きモデルで関連モデルを増大することにより我々のワールドビューにおいて成し遂げられる。

尚、われわれのワールドビューは、オブジェクト属性を明確に含まない。これ

は、関係の第1の引数がタイプCであり、関係の第2の引数がそのタイプとして属性Aを有する場合、概念Cの属性Aがバイナリ関係とみなされることが理由である。これは、ちょうどわれわれのワールドビューに含まれる汎用n項関係の特別なケースである。

制約事項は、意味論上の情報を説明するためワールドビューにおける中心の役割を果たす。この意味論上の情報がいかにしてさらなる問い合わせに効果的に答えるために使用されるのかを示す。原理では、われわれのワールドビューは、含みの（すなわち、包含（subsumption））推論が効果的に行えるドメインをもつて制約事項が説明されるようにする。オーダー制約事項において、含みの推論は、多項式時間において行える（ウルマン、Supra参照）。CLASSICにおける包含推理もまた、多項式時間において行える（A. ボルギダおよびP. F. パテルースキナイダーの

「CLASSIC記述ロジックにおける包含のための意味論上かつ完全なアルゴリズム（A semantics and complete algorithm for subsumption in the CLASSIC description logic）1994年6月の人工知能リサーチの刊行紙1：277～308、参照）例5. 2：例5. 1の航空フライトの適用について考える。この場合のワールドビュー115は、次の関係により自然に概念化される。

- `quote (Ag, A1, Src, Dst, C, D)` は、日にちDで航空会社A1によって、SrcからDstまで旅行するための料金Cを旅行代理店Agが見積もることを表わす。
- `dir (Cust, Ac, TelNo)` は、エリアコードAcおよび電話番号TelNoとしてカスタマーCustの登録簿を示す。
- `areaCode (P1, Ac)` は、場所P1に関するエリアコードを示す。

ワールドビューはまた、たとえば種々の電話のカスタマーを記述するCLASSIC概念のリッチタイプの階層を有する。概念customerは、すべての電話カスタマーおよび特別にばらばらのサブ概念（disjoint subconcepts）businessやresidentialを含む基本タイプである。

制約事項は、ワールドビュー関係の属性のタイプを指定するた

めに用いられる。たとえば、関係 `dir` の属性 `Custom` は、カスタマータイプとなるように制約され、関係 `quote` の属性 `Ag` は、タイプ `travelAge` (`business` のサブ概念) となるように制約され、`quote` の属性 `C` は、負以外の値を有するように制約される。

#### ワールドビューにおける CLASSIC の使用

CLASSIC は、多数の 1 系統の記述ロジックシステムである。グローバルインフォメーションシステムのドメインモデル要素の一部として記述ロジックシステムを用いることにいくつかの利点がある。そのキーとなる利点は、ドメインモデル 1 1 1 の拡張性および変更性をサポートすることのできる能力である。ドメインモデル 1 1 1 のワールドビュー部分は比較的安定しているが、情報源の動的特性は、ドメインモデル 1 1 1 の情報記述 1 1 3 およびシステム／ネットワーク 1 1 7 における変更を不可避免的に導く。（たとえば、新しい専用のサービスがしばしば作成され、非常駐のディスカッシュントピックがひんぱんに生ずる。）ワールドビュー 1 1 5 でも、ユーザーは、新しい概念や関係を定義し、新たなオブジェクトを創造し、ワールドビュー関係についての制約を主張することにより、個人バージョンのワールドビュー 1 1 5 を作り出したいと考えるであろう（ユーザーが、グローバルインフォメーションシステムに働きリサーチャーで大学のセットを定義したいと考えるなど）。

CLASSIC のようなシステムは、新たな概念が作り出され、自動的に概念階層に位置されることにより拡張性をサポートする。たとえば、（属性 `business_type` のた

めのフィラー「旅行」や「航空会社」を有する `business` のサブ概念として定義される）概念 `business` および `airline_agent` を含んだ概念階層を考えてみる。ユーザーが（属性 `business_type` についてのフィラー「旅行」を有するビジネスのサブ概念として定義される） `travel_agent` の新たな概念を追加したい場合、CLASSIC は `bus`

iness および airline \_ agent との間の概念階層に新たな概念を自動的に位置する。これは、ユーザーにより明確に作り出されるクラス階層を必要とするオブジェクト向きデータベースにおいては不可能である。

第2の利点は、オブジェクトが依存しているすべての概念を明確に指定するよう記述ロジックシステムがユーザーに要求する。その代わり、そのようなシステムは、概念の定義とオブジェクトについて可能な情報とに基づいて、適切な概念におけるオブジェクトを自動的に分類する。たとえば、概念 WWW \_ site および (URL 属性がストリング ftp で開始する WWW \_ site のサブ概念となるよう定義される) ftp \_ site とを含む概念階層を考えてみる。ユーザーが ftp : // research. att. com として URL で WWW \_ site の例としてのオブジェクトを作り出す場合、システムはまた、 ftp \_ site の例としてそれを分類し、この分類はそのサイトにアクセスするときに適切なプロトコルを使用するのに必要とされる。現在のオブジェクト向きデータベースシステムは、そのようなオブジェクトの自動分類を許容しない。

#### 概念定義言語における表現性 (expressivity) の度合を変更する

ことにより、記述ロジックシステムが得れる。その結果として、包含推論の複雑性 (すなわち、概念 C<sub>1</sub> は概念 C<sub>2</sub> を含むか) においてかなり変更する。 CLASSIC は、未だ表現的である一方、包含推論が多項式時間内にあるように慎重に設計された言語としての系統において抽んでおり、広く商業的に適用されてきた。

最後に、記述ロジックシステムの最も著しい制限は、それらのスケールアップが多量のオブジェクトの集まりの存在に悩まされるということである。しかしながら、その制限は、われわれのワールドビューにおける CLASSIC の使用には影響を及ぼさない。なぜなら、ワールドビュー関係は、明確に記憶されず、情報は外部の情報源においてのみ明確に記憶されるからである。

#### 問い合わせ言語

多くの言語がオブジェクト／関係のデータベースを問い合わせるために提案された。我々のワールドビューはまた、オブジェクト向きモデルで関係モデルを統

合することにより、事実オブジェクト／関係がある。したがって、オブジェクト／関係のデータベースについて提案された問い合わせ言語は、我々のワールドビューを問い合わせるのに使用することができる。

この書面では、説明を簡素化するために、次の形式の論理積 (conjunctive) 問い合わせのみについて考える。

$$Q(\bar{x}) := C(\bar{y}), E_1(\bar{x}_1), \dots, E_k(\bar{x}_k).$$

$E_j$  はワールドビュー関係  $W$  からの関係の名称であり、  $C$  は問い合わせの変数上の制約事項であり、  $X, Y, X_1, \dots, X_k$  は、制約事項、変数またはワールドビューオブジェクトである。問い合わせにおける制約事項は、オーダー制約事項の論理積である。

例 5. 3 : 次の問い合わせは、1000 ドル以下でニューアークからサンチャゴまでのチケットを販売するマイアミの旅行代理店の名称と電話番号を検索するものである。

```
query(Name, AC, TelNo) :- quote(Ag, Al, 'Newark, NJ', 'Santiago, Chile', C, D),
  areaCode('Miami, FL', AC), dir(Ag, AC, TelNo),
  name(Ag, Name), C < 1000.
```

この問い合わせは、ワールドビュー関係の `quote` における `Ag` のタイプが概念 `travelAgent` となるように制約しているのでワールドビューの概念 `travelAgent` を明確に使用するものではない。

一般的には、オブジェクト／関係のデータベースを問い合わせるための言語は、関係の属性をアクセスするため `SQL` のような制約事項とオブジェクトの属性にアクセスするため「バス表現」を使用する。その結果、バス表現を使用するオブジェクト属性にアクセスすることは、連鎖の単項と概念および属性に対応するバイナリ関係とを使用することに等しい。

#### サイトおよびサイト記述：図 2

ユーザーは、ワールドビュー 115 の関係  $W$  により問い合わせを提出する。しかしながら、ワールドビュー関係は、単に概念的ビューからなり、問い合わせに答えるために必要な情報は、情報

源記述 113 に記述された外部の情報源 123 に存在する。情報源 123 は、このフォントにおけるタイプセットである情報源記述 113 からサイト関係 R の拡張を提供するとみなされる。ユーザーの問い合わせに答えるために、システムは、サイト関係 R の正確な記述を必要とする。そのような記述をここではサイト記述と称する。図 2 に示されたように、好ましい実施例におけるサイト記述 201 は、少なくとも次の 2 つのタイプの情報を含む。

ワールドビュー関係 W で外部関係 R の内容に関する内容スペック 203。

外部サイトが答えようとする関係 R 上の問い合わせのサブセットを示す問い合わせ形式 205 のセット (0..n)。

好ましい実施例では、問い合わせ形式により示される問い合わせには 2 つのサブセットがある：外部サイトが効果的に答えることができるすべてのおよびそれらの問い合わせにおいて外部サイトが答えることができる問い合わせ。

例 5. 4：旅行情報源は、関係 travel\_dir (Ag, Ac, TelN o) における旅行代理店についてのディレクトリ情報を提供する。この関係についての内容スペック 203 は、すべての旅行代理店は必要ではないが、この関係が dir ワールドビュー関係における旅行代理店についての電話情報を含んでいることを指定する。

この旅行情報源についての問い合わせ形式 205 は、この情報源が 2 種類の問い合わせに答えることを指定する。まず、情報源は、指定の旅行代理店が与えられたとすると、代理店のエリアコードと電話番号を提供する。第 2 に、情報源は、エリアコードが与えられたとすると、すべての旅行代理店とそれらの電話番号を提供する。情報源は、ある定数に結合するアーギュメントがない場合、問い合わせには回答しない。

マンハッタン直結情報源は、関係 bigapple\_dir (Cust, TelN o) を提供する。

この関係の内容スペック 203 は、この関係が 212 エリアコードにおけるカスタマーの電話番号を含むことを指定する。加えて、内容スペック 203 は、212 エリアコードにおけるカスタマーの電話番号について完全な情報を有すること

を指定する。すなわち、関係 `bigapple_dir` に存在しない 212 エリアコードにおける電話番号は存在しないということである。完全な情報を指定することは、212 電話番号に関連する他の情報源へは問い合わせる必要がないことを決定するのに問い合わせプロセッサにとって有用である。1994 年 KR-94 の会報内の O. エトツィオニ (O. Etzioni)、K. ゴールデン (K. Golden) および D. ウエルド (D. Weld) の「更新付き扱いやすいクローズド世界推定 (Tractable closed world reasoning with updates)」を参照のこと。

#### 内容スペック 203 の詳細

内容スペック 203 は、外部サイト関係 R の内容を、それらをワールドビュー関係 W に関連させて記述する。よって、内容スペック 203 は、3 つのパート：ワールドビュー 115 における関係に関連する表現の論理積である右側部 211 と、情報源記述における関係に関連する表現の左側部 207 と、それらの間のコネクタ 209 とを有する。好ましい実施例のサイト記述言語において、内容スペックは次の 4 つの形式の内のひとつを有する。

$$C_R(\bar{Y}), R_1(\bar{X}_1), \dots, R_k(\bar{X}_k) \subseteq C_E(\bar{X}), E(\bar{X}) \quad (1)$$

$$C_R(\bar{Y}), R_1(\bar{X}_1), \dots, R_k(\bar{X}_k) = C_E(\bar{X}), E(\bar{X}) \quad (2)$$

$$C_R(\bar{X}), R(\bar{X}) \subseteq C_E(\bar{Y}), E_1(\bar{X}_1), \dots, E_k(\bar{X}_k) \quad (3)$$

$$C_R(\bar{X}), R(\bar{X}) = C_E(\bar{Y}), E_1(\bar{X}_1), \dots, E_k(\bar{X}_k) \quad (4)$$

R (下付き文字有り、なし) は外部サイト関係を指し、E (下付き文字有り、なし) はワールドビュー関係を指し、C<sub>R</sub> および C<sub>E</sub> は、制約事項 (オーダー制約事項および CLASSIC 概念) を示す。X (下付き文字有り、なし) および Y は変数および/または定数のタブルを示す。表現はそれぞれ範囲制限されなければならない。すなわち、 $X \subseteq X_1 \cup \dots \cup X_k$ 。

表現の意味は、次の関連する代数表現 (形式中、○はセクションを示し、πは射影 (projection) を示し、×は結合を示す) により自然に得られるものである。たとえば、形式 (1) の内容スペックの意味は、

$$\pi_{\bar{x}}(\sigma_{C_s(\bar{h})}(R_1(\bar{x}_1) \bowtie \cdots \bowtie R_k(\bar{x}_k))) \subseteq \sigma_{C_s(\bar{h})}(E(\bar{x})).$$

であり、形式(4)の内容スペックの意味は、

$$\sigma_{C_s(\bar{h})}(R(\bar{x})) = \pi_{\bar{x}}(\sigma_{C_s(\bar{h})}(E_1(\bar{x}_1) \bowtie \cdots \bowtie E_k(\bar{x}_k))).$$

である。

タイプ(1)および(2)の表現は、タイプ(3)および(4)の表現とは次の点で異なる。最初の2つは、どのようにしてワールドビュー関係の断片がサイト関係から算出されるか、すなわち、ワールドビュー断片がマルチデータベースにおけるサイト関係および外部データベーススキーム上の従来のビューに似通っていることを指定することである。W. リトウイン (W.Litwin)、L. マーク (L.Mark) および N. ローソポウロス (N.Roussopoulos) の「マルチプル独自データベースの相互使用可能性 (Interoperability of multiple autonomous databases)」1990年9月 ACM コンピューティングサーベイ 22(3) : 267 ~ 293 を参照のこと。逆に、後者の2つは、サイト関係の断片の内容をワールドビュー関係上のビューとして定義する。

タイプ(1)の表現は、記述を用いて断片の一部を算出することを指定する。

タイプ(2)の表現は、記述を用いて断片のすべてを算出することを指定する。

タイプ(3)の表現と(4)の表現との関係は、タイプ(1)の表現と(2)の表現との関係と同じである。

例5.5: われわれの航空フライトの適用について考える。フライバイナイト航空は、2つのサイト関係 207: フライバイナイト航空のフライト  $F_{1t}$  は  $Src$  から  $Dest$  であることを示す  $fbn$

$flights(F_{1t}, Src, Dest)$  と、フライバイナイト航空の指定旅行代理店  $Sg$  が日にち  $D$  にフライト  $F_{1t}$  によって旅行するための料金  $C$  を見積もることを示す  $fbn\_quote(AG, F_{1t}, C, D)$  とを提供する。ワールドビュー関係 211  $quote$  は、次の形式(1)の内容スペック 20

3を用いてサイト関係  $f b n\_f l i g h t s$  および  $f b n\_q u o t e$  の内容に関連させることができる。

$$f b n\_f l i g h t s(F l t, S r c, D e s t), f b n q u o t e(A g, F l t, C, D) \subseteq \\ q u o t e(A g, 'F l y-b y-N i g h t', S r c, D e s t, C, D).$$

この内容スペック 203 は、関係  $q u o t e$  におけるタプルが関係  $f b n\_f l i g h t s$  および  $f b n\_q u o t e$  におけるタプルを結合することにより算出できることを述べている。

フライバイナイト航空の指定旅行代理店のみがフライバイナイト航空における見積もりをとることが許されていることと仮定する。これにより、この航空会社における料金見積もりについてのすべての情報は、関係  $f b n\_f l i g h t s$  および  $f b n\_q u o t e$  に存在している。この完全な情報は、次の形式(2)の内容スペック 203 を用いて表現される。

$$f b n\_f l i g h t s(F l t, S r c, D e s t), f b n q u o t e(A g, F l t, C, D) = \\ q u o t e(A g, 'F l y-b y-N i g h t', S r c, D e s t, C, D).$$

例 5. 6 : 例 5. 4 に記述された外部サイト関係について考える。

外部サイト関係  $t r a v e l\_d i r$  は、すべての旅行代理店は必要ないが、旅行代理店のリストを含む。これは、次の形式(3)の内容スペックを用いることにより指定される。

$$t r a v e l\_d i r(A g, N a m e, A c, T e l N o) \subseteq d i r(A g, A c, T e l N o), t r a v e l A g e n t(A g) \\ n a m e(A g, N a m e).$$

内容スペック 203 は、サイト関係  $t r a v e l\_d i r$  がワールドビュー関係  $d i r$  および  $t r a v e l A g e n t$  の結合のサブセットをすでに有していることを述べている。

われわれのサイト記述言語は、次の形式の内容スペック 203 を許容しない。

$$C_R(\bar{Y}), R_1(\bar{X}_1), \dots, R_k(\bar{X}_k) \supseteq C_E(\bar{X}), E(\bar{X})$$

$$C_R(\bar{X}), R(\bar{X}) \supseteq C_E(\bar{Y}), E_1(\bar{X}_1), \dots, E_k(\bar{X}_k)$$

直観的には、「おそらく」ワールドビュー関係にあるタプルについてであって、

「絶対」ワールドビュー関係にあるタブルについてではない情報のみを提供するものであるため、これらの内容スペックは、有用でない。次の例では、この点について具体的に示している。

例 5. 7 : 外部サイト関係は、すべての保険代理店とともにすべての旅行代理店の電話番号のリストを含んでいる。このサイト関係は、次の内容スペックを用いることにより指定される。

$ta\_ja\_dir(Ag, Ac, TelNo) \sqsupseteq dir(Ag, Ac, TelNo), travelAgent(Ag).$   
 $ta\_ja\_dir(Ag, Ac, TelNo) \sqsupseteq dir(Ag, Ac, TelNo), insuranceAgent(Ag).$

このサイト関係のどの番号が旅行代理店の電話番号であるか、またどれが保険代理店の電話番号であるかを識別する手段なくしては、このサイト関係はワールドビュー関係 travelAgent における問い合わせに答えるには有用でない。

#### 問い合わせ形式 205 の指定

グローバルインフォメーションシステムにおける情報源は、独自のものであり、安全（保証）やプライバシーなどの理由により、サイト関係の利用可能な問い合わせのサブセットのみに答えるように決定する。われわれのサイト記述言語においては、情報源はそれぞれ、情報源により供給されたサイト関係上の問い合わせ形式 205 のセットを用いることにより進んで答える問い合わせのサブセットを指定することができる。問い合わせ形式についての詳細は、1989年のコンピュータサイエンスプレス第1および2巻、J. D. ウルマン (J.D.Ullman) のデータベースおよび知識ベースシステムの原理を参照のこと。

直観的には、 $k$  項関係  $R$  上の問い合わせ形式  $205 m_R$  は、アルファベット  $\{b, f\}$  を用いる長さ  $k$  のストリングである。 $i$  番目の「 $b$ 」は、 $R$  の  $i$  番目のアーギュメントが  $m_R$  に一致する問い合わせにおける定数に結合していなければならぬことを示し、 $i$  番目の「 $f$ 」は、 $R$  の  $i$  番目のアーギュメントが任意かもしくは定数

に結合しているかのどちらかでよいことを示している。情報源は、問い合わせの

結合が問い合わせの形式のひとつと一致した場合、自発的にサイト関係上の問い合わせに答える。

例 5. 8 : 例 5. 4 の外部情報源について考える。旅行情報源は、次のように自発的に答える関係 `travel_dir` 上の問い合わせのサブセットを指定する。

```
possible_queries: travel_dir[bff,fbf].
```

問い合わせ形式 205bff は、特定の旅行代理店が与えられたとすると、情報源はその代理店のエリアコードや電話番号を提供することができる。問い合わせ形式 205fbf は、エリアコードが与えられたとすると、情報源はそのエリアコードにおいて旅行代理店とその電話番号を提供することができる。

外部情報源が自発的に回答する問い合わせのいくつかがサイト関係におけるタプルや指標 (indices) の有効性などの集まりにより効果的に回答される場合が頻繁である。グローバルインフォメーションシステムにおける問い合わせに回答することにより、情報が問い合わせプロセッサに利用可能である場合最適化される。したがって、サイト記述言語はまた、再度問い合わせ形式 205 を用いることにより効果的に回答できる問い合わせのサブセット 215 を外部情報源が指定できるようにする。

例 5. 9 : われわれの航空フライトの適用、そしてサイト関係

`travel_dir` を提供する旅行情報源について考える。この情報源は、問い合わせ形式 bff および fbf のいずれかに適合する問い合わせを自発的に答える（例 5. 8 参照）。これらの問い合わせ形式は、許容された問い合わせ 213 のセットを作り出す。しかしながら、bff に適合する問い合わせに答えることは、旅行代理店の属性における主要インデックスの有効性により有効であるが、fbf に適合する問い合わせに答えることは、サイト関係 `travel_dir` において集まりがないために有効でない。旅行情報源により効果的に回答される問い合わせのサブセット 215 は、次のように指定されうる。

```
efficient_queries: travel_dir/bff.
```

当然、アクセス計画は、まず情報源 213 により提供される有効な問い合わせ

を用いてその問い合わせに答えるよう試み、情報を得る他の方法がない場合に限り非有効な問い合わせを指定する。

他の実施例では、サイト記述 201 がサイト関係のタブルをアクセスするコストや信頼性などの有効な情報を含む。これらのサイト記述言語への組み込みは、問い合わせ評価にこの情報を有效地に使用できるアルゴリズムの開発を必要とする。

#### 問い合わせ評価

グローバルインフォメーションシステム 101 のユーザーは、この情報の位置および配布に関係なく、ワールドビュー 115 における関係によって問い合わせを組織化する。しかしながら、ワールド

ビュー関係は、明確に記憶されない：これらの問い合わせに答えるために必要とされるすべてのデータは、外部情報源 123 内のサイト関係にある。問い合わせ評価システムのタスクは、これらの外部サイト関係にアクセスし、ユーザーの問い合わせに答えることである。ネットワーク上の情報源にアクセスするコストが大きいので、実行される主要最適化は、問い合わせに答えるためにアクセスされる必要のある外部情報源 123 の数を最小にすることである。このセクションでは、外部情報源へのアクセスを最小にするようにサイト記述を有效地に使用するいくつかの技法を提供する。

#### 問い合わせの回答：図 3

データベースシステムにおける問い合わせの回答には、一般的に、問い合わせに答えるための計画を生成することと、この計画を実行することとの 2 つの局面がある。従来のデータベースシステムでは、問い合わせ計画は、問い合わせにおけるデータベース関係の接合を算出する順番と、その接合それぞれに用いられる技法を指定する。これは、問い合わせに述べられたデータベース関係はそれぞれ明確に記憶されるか、要求ありしだい計算されるかのどちらかを要求する。グローバルインフォメーションシステムにおけるワールドビュー関係が明確に記憶されていないので、問い合わせ計画は、サイト関係におけるタブルからワールドビュー関係におけるタブルを算出しなければならない。

問い合わせ計画を生成するためのアルゴリズムが図3に示されている。アルゴリズム301は、問い合わせの接合順序が従来の技法を用いて決定されたあと、実行する。アルゴリズム301は、質問

における論理積 (conjuncts) それぞれを評価するためのサブ計画を創造する。  
どの外部情報源が（問い合わせから静的に算出される）

いくつかの制約事項  $C(\overline{W})$  を満たす世界関係  $E(\overline{W})$  のタブルを得るために問い合わせられる必要があるかを決定することによりなされる。われわれのアルゴリズムは、各外部サイトがいくつかの問い合わせ形式に答える能力を有すると仮定する。アルゴリズムは、1988年3月のデータベースシステムの原理に関する ACMシンポジウムの会報内、K. A. モリスの「NAILにおけるサブゴールを命じるためのアルゴリズム (An algorithm for ordering subgoals in NAIL!)」82~88ページに記述された技術を用いて、単にある問い合わせ形式が回答される場合またはある問い合わせ形式がさらに効果的に処理される場合に処理するために容易に拡張できる。

アルゴリズムは301は、適切 (sound) となるように保証される計画を生成する。すなわちこの計画を実行することにより得られるすべての回答が問い合わせに対する実際の回答である。すべてのないようスペックが形式(1)または(2)のものである場合、計画を実行することもまた、問い合わせに対する可能な回答すべてを生成するように保証される。すなわち、われわれのアルゴリズムもまた完全である。

しかしながら、アルゴリズム301が問い合わせにおける論理積 (conjunct) に答えようとするので、次の例で説明されるように形式の内容スペックの存在におけるすべての回答は得られないであろう。

例5. 10:212 (ニューヨーク、マンハッタン) エリアコードにおける旅行代理店の名称および電話番号を検索する問い合わせについて考える。

```
query(Name, TelNo) :- travelAgent(Ag), dir(Ag, 212, TelNo), name(Ag, Name).
```

サイト関係  $nyTA$  は、次の内容スペックを用いて指定される 212 エリアコードにおけるすべての旅行代理店の名称および電話番号を正確に有すると仮定する。

$$nyTA(Name, TelNo) = travelAgent(Ag), dir(Ag, 212, TelNo), name(Ag, Name).$$

問い合わせに対する回答は、ちょうど外部サイト関係  $nyTA$  のタプルを用いることにより算出できる。しかしながら、われわれのアルゴリズムは、ワールドビュー関係  $travelAgent$ 、 $dir$  および  $name$  におけるアブルを別々に算出しようとすると、サイト関係  $nyTA$  が有効であることを決定することができず、 $nyTA$  サイト関係は、3つのワールドビュー関係それぞれに存在する変数  $Ag$  を持たない。

形式 (3) および (4) の内容記述の存在における問い合わせに答えるための完全な戦略は、具体化したビューを用いる問い合わせに答えるという問題を解決することが必要である。大きな部類 (class) の問い合わせ言語に働くこの問題に対する一般的な解決は、次のセクションで述べられている。（問い合わせおよびそのビューがちょうど論理積問い合わせ出有る場合でさえも）具体的なビューを

用いて問い合わせに答えるデモンストレーションで生じた一般的な解決上のワークは、NP 完全 (NP-complete) であるが、他方ここで提案されたアルゴリズムは多項式時間にある。

アルゴリズム 301 のキーとなる局面は、問い合わせおよびサイト記述における静的制約事項が得られると、問い合わせに答えることにおそらく貢献することができる情報源にみにアクセスする計画が生成されることである。さらに、われわれは、問い合わせと形式 (1) および (2) の内容スペックとの両方が集合体、非存在および再帰に影響を及ぼす場合に体してアルゴリズム 301 を拡張することができる。1992年6月カリフォルニア州サンディエゴのデータベースシステムの原理に関する ACM シンポジウムの会報内、A. Y. リビイ (A.Y. Levy) および Y. サギフ (Y. Sagiv) の「データログにおける制約事項と冗長 (Constraints and redundancy in Datalog)」と、1993年ワシントン DC の第 11

回データベースシステムの原理に関する ACM シンポジウムの会報内、A. Y. リビイ (A.Y.Levy) 、 I. S. ミューミック (I.S.Mumick) 、 Y. サギフ (Y.Sagiv) および O. シュミュエリ (O.Shamueli) の「データログ拡張における等値、問い合わせ到達性および満足性 (Equivalence, query-reachability and satisfiability in Datalog extensions) 」と、1994年9月チリのサンチャゴのペリーラージデータベースにおける国際会議の会報内、A. Y. リビイ、I. S. ミューミックおよび Y. サギフの「述部移動による問い合わせ最適化 (Query optimization by predicate move-around) 」とに記述された技法を使用する。

#### 具体化されたビューを用いる問い合わせの回答

次の 2 つのステップによって、具体化されたビューを用いて問い合わせに答える。第 1 のステップでは、ビューのボディから問い合わせのボディにマッピングする封じ込め (containment) が問い合わせの書き換えを得るために考慮される。書き換えのための適切なビューリテラルが問い合わせに加えられる。第 2 のステップでは、オリジナルの問い合わせの冗長リテラルが取り除かれる。これが終わると、オリジナルの問い合わせよりも評価するにあたり安い新たなバージョンのひとつを用いて問い合わせの評価が行われる。次の説明は、いくつかの予備定義および実行例を用いてはじまり、その後その 2 つのステップの詳細な説明を提供する。

#### 予備行為

われわれの説明においては、問い合わせに用いられる関係は、データベース関係として参照される。論理積問い合わせの論理積および結合 (すなわち再帰なしのデータログ) について考える。加えて、問い合わせには、組み込まれた比較述語 (=, ≠, < および  $\leq$ ) が含まれていてもよい。 $V$ ,  $V_1, \dots, V_m$  は、データベース関係で定義されたビューを示すために用いられる。ビューはまた問い合わせを用いて定義される。問い合わせ  $Q$  が与えられると、目的は、1 つもしくはそれ以上のビューを用いる問い合わせ等価書き換え  $Q'$  を得ることである。

定義 5. 1 : 次の場合、問い合わせ  $Q'$  は、ビュー  $V = V_1, \dots, V_m$  を用いる  $Q$  の書き換えである。

●  $Q$  および  $Q'$  は、等しく（すなわち、与えられたデータベースについて同じ回答を生成する）、且つ

●  $Q'$  は、 $V$  のリテラルのひとつ又はそれ以上を含む。

オリジナルの問い合わせとして同じ形式を有する書き換え（すなわち、オリジナルの問い合わせよりもさらに広範囲にわたる問い合わせ言語は使用しない）についてのみ考える。

書き換え  $Q'$  は、 $Q'$  からリテラルを取り除くことができない場合、局部的に最小限度であり、 $Q$  に等しいままである。書き換えは、より少ないリテラルで他の書き換えがない場合、全体的に最小限度である。

例 5. 1 1 : 次の問い合わせおよびビューについて考える。

$$\begin{aligned} q(X, U) &:= p(X, Y), p_0(Y, Z), p_1(X, W), p_2(W, U). \\ v(A, B) &:= p(A, C), p_0(C, B), p_1(A, D) \end{aligned}$$

問い合わせは、次のように  $v$  を用いて書き換えられる。

$$q(X, U) := v(X, Z), p_1(X, W), p_2(W, U).$$

問い合わせの最初の 2 つのリテラルを取り除かせるビューを代入する。しかしながら、問い合わせの第 3 のリテラルがビューによって満足されるよう保証されるが、変数  $W$  が最後のリテラルに現われるので、問い合わせからそれを取り除くことはできない。

オリジナルの問い合わせよりも評価するについて安い書き換えを得ることが好ましいことは明らかである。評価のコストは、アプリケーション間で異なる多くの要因によるものであろう。この画面では、問い合わせにおけるリテラルの数を減らす書き換えについて考える。事実、最低限の数のリテラルを含む  $Q$  の書き換えがリテラルのサブセットとビューリテラルのセットとを含む問い合わせと同型的である。リテラルの数を減らすことに焦点を置くが、次の例により説明されるように、問い合わせからリテラルを取り除かない場合でさえも書き換えは最適化が得られる。

例 5. 1 2 : 例 5. 1 1 と同様の問い合わせを用いて、次のビューを有すると仮定する。

$v_1(A) :- p(A,C), p_1(A,D)$ 

ピューリテラルを問い合わせに加え、次の書き換えられた問い合わせを得ることができる。

 $q(X,U) :- v(X), p(X,Y), p_0(Y,Z), p_1(X,W), p_2(W,U).$ 

ピューリテラルは、問い合わせで考慮されるXの値上のフィルタとして機能する。関係  $p$  および  $p_1$ において両方に見られるものにXの値のセットが限定される。

いくつかの適用において、いくつかのデータベース関係にはアクセスを持たないであろう。したがって、問い合わせがビューのみを

用いて書き換えられるか否かの問題を考慮することが重要である。そのような書き換えを完全な書き換えとする。

定義 5. 2 :  $V = V_1, \dots, V_m$  を用いる  $Q$  の書き換えは、 $Q'$  がリテラル  $v$  と組み込みのみを含む場合、完全な書き換えである。

例 5. 13 : 例 5. 11 の問い合わせとビューに加えて、次のビューを有すると仮定する。

 $v_2(A,B) :- p_1(A,C), p_2(C,B), p_0(D,E).$ 

$v$  および  $v_2$  を用いる完全な書き換え  $q$  は、

 $q(X,U) :- v(X,Z), v_2(X,U).$ 

である。まず  $v$  を用いる  $q$  を書き換えし、その後を  $v_2$ 組み入れようとする段階的方法（またはその他のこのような方法）では、この書き換えは成し遂げられない。完全な書き換えを得るには、平行な両方のビューの使用を考慮する必要がある。

書き換えられた問い合わせにおける冗長リテラルを得る

このセクションでは、第2のステップのための多項式アルゴリズムについて述べる。ビューから問い合わせへのマッピングが得られると、アルゴリズムは、取り除くことのできる問い合わせからのリテラルのセットを決定する。ある条件下

で、そのようなリテラルの

独特の最大セットがあり、アルゴリズムはそれらを得れるように保証されていることを示す。他の場合では、アルゴリズムは冗長リテラルのサブセットのみを得るが、取り除くすべてのリテラルは冗長であることが保証され、よってアルゴリズムは常に適用できる。なお、そのような場合、問い合わせの残りは、既知の技法を用いて最小化される。ビューから問い合わせへのマッピングを列挙するアルゴリズムとともに、われわれのアルゴリズムは、書き換えを得るための実行方法を提供する。簡潔にするために、あるビューの单一の発生を用いて書き換える場合のアルゴリズムについて記述する。

われわれの問い合わせが次の形式：

$$q(\bar{X}) := p_1(\bar{U}_1), \dots, p_n(\bar{U}_n). \quad (5)$$

のものであり、次のビュー：

$$v(\bar{Z}) := r_1(\bar{W}_1), \dots, r_m(\bar{W}_m). \quad (6)$$

を有すると仮定する。 $h$ は、 $v$ のボディから $q$ のボディへマッピングする封じ込めとし、ビューラテラルを問い合わせに加えた結果は次の通りとする。

$$q(\bar{X}) := p_1(\bar{U}_1), \dots, p_n(\bar{U}_n), v(\bar{Y}). \quad (7)$$

上記形式において、 $\bar{Y} = h(\bar{Z})$ である。なお、 $\bar{Y}$ の変数がすでに $p_i(\bar{U}_i)$ に現われているマッピングにわれわれ自身を限定できる。

最小限の書き換えを得るには、できる限り多くリテラルを取り除くことである。

冗長リテラルのセットを決定するには、ルール(7)のビューリテラルの代わりにルール(6)の定義を用いた結果生じるルールを考慮する。すなわち、ルール(6)の変数を次のように改名する。

$\bar{Z}$ に現われる変数 $T$ はそれぞれ、 $h(T)$ に改名され、 $\bar{Z}$ に現われないルール(6)の変数は、新たな変数(すでに $p_i(\bar{U}_i)$ の中の

一つではない) に改名される。この代用の結果は次の通りとする。

$$q(\bar{x}) := p_1(\bar{U}_1), \dots, p_n(\bar{U}_n), r_1(\bar{V}_1), \dots, r_m(\bar{V}_m). \quad (8)$$

なお、 $\bar{Y}$ の変数は、 $p_i(\bar{U}_i)$  および  $r_j(\bar{V}_j)$  の両方に現われる

唯一のものである。

マッピング  $h$  が与えられると、ルール (8) から、次のように定義される  $q$  のためのオリジナルのルールにマッピングする自然の封

じ込めが存在する。各サブゴール  $p_i(\bar{U}_i)$  は、それ自身にマッピングされ、各サブゴール  $r_j(\bar{V}_j)$  は、(ルール (6) からルール (5) への) 封じ込めマッピング  $h$  と同様のルール (5) のサブゴールにマッピングされる。以下、この封じ込めマッピングを  $\phi$  とする。 $\phi$  についての重要な観測結果は、封じ込めマッピング  $\phi$  がそれ自身に各変数をマップすることである。

ルール (5) のサブゴール  $p_i(\bar{U}_i)$  はそれぞれ、その ( $\phi$  下の) イメージであり、わずかの  $r_j(\bar{V}_j)$  リテラルであろう。 $\phi$  下で  $p_i(\bar{U}_i)$  へマッピングするリテラル  $r_j(\bar{V}_j)$  は、 $p_i(\bar{U}_i)$  の仲間であると考える。それ以外の説明は、 $p_i(\bar{U}_i)$  の仲間の任意

のひとつを選びだし、 $p_i(\bar{U}_i)$  の仲間として参照する。なお、 $h$  が各サブゴール  $r_j(\bar{V}_j)$  をルール (5) の固有のサブゴールへマッピングする場合、各  $p_i(\bar{U}_i)$  は、多くてひとつの仲間を有することとなる。

冗長サブゴールのセットを定義する前に、次の定義が必要である。

定義 5. 3 : サブゴール  $r_s(\bar{V}_s)$  は、 次に示すことすべてを確保する場合にサブゴール  $p_s(\bar{U}_s)$  をカバーする。

- サブゴール  $r_s(\bar{V}_s)$  と  $p_s(\bar{U}_s)$  とは同じ述語を有する。
- $r_s(\bar{V}_s)$  がいくつかのアーギュメント位置  $a$  において識別された変数（定数）を有する場合、 $p_s(\bar{U}_s)$  もまたアーギュメント

位置  $a$  においてその変数（定数）を有する。

- $p_s(\bar{U}_s)$  のアーギュメント位置  $a_1$  および  $a_2$  が等しい場合、 $r_s(\bar{V}_s)$  のアーギュメント位置  $a_1$  および  $a_2$  も同様である。

Qにおける冗長リテラルのセットは、次のように定義される必要とされるリテラルを補足するものとなる。

定義 5. 4 : セット  $N$  は、次の4つの条件を満たす最低限のセットである。

1. 仲間を持たない  $p_s(\bar{U}_s)$  すべては、 $N$  内にある。
2.  $r_s(\bar{V}_s)$  が  $p_s(\bar{U}_s)$  の仲間であり、 $r_s(\bar{V}_s)$  が  $p_s(\bar{U}_s)$  をカバーしない場合、 $p_s(\bar{U}_s)$  は、 $N$  内にある。
3. 次のすべてを確保するものと仮定する。
  - サブゴール  $p_s(\bar{U}_s)$  は、アーギュメント位置  $a_1$  における変数  $T$  を有する。
  - $p_s(\bar{U}_s)$  の仲間は、アーギュメント位置  $a_1$  における変数  $^H$  を有する。
  - 変数  $H$  は、 $Y$  内にない（したがって、 $H$  は、 $r_s(\bar{V}_s)$  の中にのみ現われる。）

● 変数  $T$  もまた  $p_1(\overline{U}_1)$  のアーギュメント位置  $a_1$  に現われる。

$p_1(\overline{U}_1)$  の仲間は、アーギュメント位置  $a_2$  内の  $H$  を有さない。

したがって、 $p_1(\overline{U}_1)$  は、 $N$  内にある。

4.  $p_1(\overline{U}_1)$  が  $N$  内にあり、変数  $T$  が  $p_1(\overline{U}_1)$  に現われると仮定する。 $p_1(\overline{U}_1)$  がアーギュメント位置  $a_1$  において変数  $T$  を有し、

その仲間はアーギュメント位置  $a_1$  において変数  $T$  を有さない場合、

$p_1(\overline{U}_1)$  はまた、 $N$  内にある。

例 5. 14 : 例 5. 11 の問い合わせおよびビューについて考える。問い合わせ内のビューを置き換えた結果は、次の通りである。

$q(X, U) := p(X, Y), p_0(Y, Z), p_1(X, W), p_2(W, U), p(X, C), p_0(C, Z), p_1(X, D).$

リテラル  $p_2(W, U)$  は、仲間を持たないため必要である。リテラル  $p_1(X, W)$  は、その仲間が ( $p_2(W, U)$  に現われる) 変数  $W$  を含まないので、定義における条件 4 により必要である。つまり、これらの 2 つのリテラルは、最小の書き換えを得るために保持される必要がある。

詳細および複雑さの裏付けは、1995年5月22～25日カリフォルニア州サンジョゼにおけるデータベースシステムの原理に関する第14回シンポジウムの会報に見られる A. Y. リビイ、A. O. メンデルゾーン (A.O.Mendelzon) 、Y. サギフ、D. スリバスタバ (D.Srivastava) の「ビューを用いた問い合わせの回答 (Answering queries using views)」において見られる。

#### 完全情報の使用

問い合わせに答えるための計画を生成するにおいて、アルゴリズム 301 は、質問に答えることに対して貢献するであろう情報源のすべて (及びだけ) にアクセスする。通常これが必要であるが、適切なサイト関係の小さなサブセットが問い合わせに答えるに必要とされる情報のすべてを含む場合が多々有る。単一情報源の完全な情報は、(形式 (2) および (4) のスペックを用いて) 内容スペック

ク 2 0 3 に表現されるので、問い合わせプロセッサは、冗長サイトを無視するのに内容スペック 2 0 3 の形式を有効に用いることができる。

例 5. 1 5 : 航空フライトの適用について考える。サイト関係  $t a \_d i r$  が米国のすべての旅行代理店のリストを含み、サイト関係  $b i g \_a p p l e \_d i r$  が 2 1 2 エリアコード内のすべての出んわカスターのリストを含むとする。

両方のサイト関係にアクセスすることは、2 1 2 エリアコードにおける特定の旅行代理店の電話番号を尋ねる問い合わせに答えるには、そのサイト関係の両方がこの問い合わせに答えることに関連してはいても、余分なこと（冗長）である。これら 2 つのサイト関係のどちらか一方を問い合わせるだけで十分である。

これらの両方のサイト関係はまた、（その旅行会社のエリアコードを知らずして）特定の旅行会社の電話番号を尋ねる問い合わせに答えるのに適している。しかしながら、 $b i g \_a p p l e \_d i r$  に問い合わせるのは十分ではないかも知れないが、 $t a \_d i r$  に問い合わせるのがこの場合十分である。

直観的には、次のように形式 (2) の内容スペックを用いる。制約事項  $C$  を満たすワールドビュー関係  $E$  のタブルを算出しようとすると、 $C$  を満たす  $E$  のタブルのすべてを算出するためにともに使用される内容スペック 2 0 5 の最小セット  $S D_1, \dots, S D_n$  を検索する。形式的に、これを行うアルゴリズムは、次の通りである。

制約事項  $C(\bar{W})$  を満たす  $E(\bar{W})$  のタブルを算出しようとすると仮定する。我々のアルゴリズムは、形式 (2) の内容スペックの

セット  $S D_E = \{S D_1, \dots, S D_n\}$  を選択する。

$$C_k^j(\bar{Y}^j), R_1^j(\bar{X}_1^j), \dots, R_k^j(\bar{X}_k^j) = C_k^j(\bar{W}), E(\bar{W})$$

$1 \leq j \leq n$  について

●  $C(\bar{W}) \Rightarrow C_k^j(\bar{W}) \vee \dots \vee C_k^j(\bar{W})$ .

● 最初の特性を満たす  $S D_E$  のサブセットは存在しない。

$C(\overline{W})$  についてはそのようなセットが存在しない場合、 $C'(\overline{W})$  をそのようなセットが存在するための最も弱い制約事項とする。(制約事項  $C'(\overline{W})$  は、形式(2)のすべての内容記述の論理和(disjunction)と  $C(\overline{W})$  を結合することにより得られる。)制約事項  $C''(\overline{W})$  を満たす  $E(\overline{W})$  のタブルは、上述のように形

式(2)の内容スペック205を用いて算出される。さらに、 $C''(\overline{W})$  を  $C(\overline{W}) \setminus C'(\overline{W})$  とする。制約事項  $C''(\overline{W})$  を満たす  $E(\overline{W})$  のタブルは、アルゴリズムに記述された他の内容スペックを用いて算出される。

上述のアルゴリズムは多項式時間アルゴリズム(たとえオーダー制約事項についてでも)ではないが、アルゴリズムの複雑さは、問い合わせ制約事項およびサイト記述制約事項の表現のサイズにおけるものであり、サイト関係のサイズや数におけるものではない。

#### 動的問い合わせ計画

従来のデータベースシステムでは、問い合わせが最適化され、問い合わせを評価するための完全計画が生成されたあとに、計画実行が正確に行われる。そのような静的問い合わせ計画は、従来のデータベースシステムアプリケーションには適しているが、グローバルインフォメーションシステムは、問い合わせ計画生成フェーズが計画実行フェーズと相互作用する動的計画を必要とする。次の例は、いくつかの問い合わせ変化について変数が知られている場合、サブ問い合わせのための生成計画を実行時間まで後回しにする利点を説明している。

例5. 16：航空フライトの適用について考える。次の問い合わせは、ニューヨーク、マンハッタンにある旅行業者の電話番号を探索する。

```
query(AC, TelNo):-areaCode('Manhattan,NY', AC), travelAgent(Ag),
  dir(Ag, AC, TelNo).
```

問い合わせ内に静的に存在する制約事項 travelAgent(Ag) は、旅行代理店のリストを含まないディレクトリ情報源が問い合わせに答えるには不

適切であることが必要である。しかしながら、（実行時間においてのみ算出される）ワールドビュー関係 `areaCode` におけるタプルについての知識がないときは、問い合わせ計画は、他のディレクトリ情報源すべてを処理しなければならない。

しかしながら、サブ問い合わせ `areaCode ('Manhattan, NY', AC)` が評価されると、ACのためのピンディング（この場合、ちょうど 212）は、エリアコード 212 と有するもののみに関連ディレクトリ情報源のセットを限定するために使用される。

そのような最適化が実行できるようにするには、我々が、問い合わせ変数のいくつかについて算出された値を横に受け渡し、動的すなわち実行時間において、問い合わせ計画のセグメントを創造または修正することが必要である。次の例は、問い合わせ変数の 値 だけでなく、実行時間に得られた追加の情報もまた受け渡すことの最適化の利点を説明する。

例 5. 17 : `unitedAgent` および `americanAgent` は、概念 `travelAgent` のサブ概念に結合しなかった。つまり、ユナイテッド航空およびアメリカンエアライン両方の代理店には旅行代理店がないということである。ユナイテッド航空情報源は、ユナイテッド航空代理店についてのディレクトリサービス `ua_dir (Ag, AC, TelNo)` を提供し、アメリカンエララインは、アメリカンエラライン代理店についてのディレクトリサービス `aa_dir (Ag, AC, TelNo)` を提供すると仮定する。これらのサイト関係についての内容スペック 205 は、次の通りである。

```
ua_agents(Ag, AC, TelNo) ⊂ unitedAgent(Ag), dir(Ag, AC, TelNo).
aa_dir(Ag, AC, TelNo) ⊂ americanAgent(Ag), dir(Ag, AC, TelNo).
```

落札獲得 (award-winning) 旅行代理店の電話番号 (`travelAgent` のサブ概念) を検索する次の問い合わせについて考える。

```
query(Ac, TelNo) :- awardTravelAgent(Ag), dir(Ag, AC, TelNo).
```

`awardTravelAgent (Ag)` のピンディングが、ユナイテッド航空代理店についての情報をのみ有するサイトにおいて見つけ出された場合、こ

の情報は、サイト関係 a a \_ d i r が問い合わせに答えるには不適切であること を決定するのに用いられることができ、したがって、A g のピンディングが見つけられた 源 を知ることが、適合するリストが見つからなかったディレクトリ源の 枝刈りをするのに用いられることを示す。

上述の例が、動的問い合わせ計画生成の 2 つのキーとなる特徴を説明する：

1. 十分な情報が関連源の小さなセットを決定するのに利用可能である場合、 実行時間までサブ問い合わせのための計画を後回しにする。
2. 問い合わせ変数のぴったりの値ではなく、実行時間に得られた追加情報を 問い合わせオプティマイザへ受け渡す。

サイト記述から容易に決定され、問い合わせ変数についてのピンディング情報 に受け渡される情報源の枝刈りのために非常に有用な

2 つの追加の情報：（1）値のタイプと、（2）値が見つけ出された位置とを識別した。情報に関する詳細や問い合わせを動的に生成するためのアルゴリズムに どのようにそれを使用するかは、以下に示される。

グローバルインフォメーションシステムにおけるダイナミック問い合わせ計画 をサポートするための第 2 の理由は、外部情報源がコンピュータネットワークに わたって配給される場合、いくつかの外部情報源は必要なときに利用可能でない ことがありがちである。（自発的情報源における冗長により）いくつかの情報を 提供することのできる別の情報源の存在において、問い合わせ計画は動的に修正 されるはずである。

#### 動的問い合わせ生成に有用な情報のタイプ

次の説明は、動的問い合わせ生成に有用な情報のセクションについての詳細を 提供する。この説明は、A A A I から入手可能な分配され混成の環境における 情報収集 (Information Gathering in Distributed and Heterogeneous Environments) に関する 1995 年 A A A I 春のシンポジウムのワーキングノートに示さ れるクレイグ A. ノブロック (Craig A. Knoblock) およびアロン・リビイ (Alo n Levy) の「代理店 (人) を収集する情報のための有効な問い合わせ処理 (Effi cient Query Processing for Information Gathering Agents)」に基づいてい

る。以下において、 $C$ 、 $C_i$ などは、ドメインモデル 1 1 1 におけるクラスを示す。ドメインモデル 1 1 1 におけるオブジェクト間のバイナリ関係は、 $(r, r_i$  で示される) 役割にて表現されている。説明はまた、システム 1 0

1 が A T & T B e 1 1 の研究所の人工知能におけるリサーチャーである。ロン・ブラッチマン (Ron Brachman) の出版物を含む問い合わせを受けた実行例をもちいて行われる。

情報源 1 2 3 s は、ドメインモデル  $C_s$  におけるクラスについてのいくらかの知識を提供するものとみなされる。それは、また、クラス  $C_s$  の例のいくつか又はすべてを提供することもできる。後者の場合、それを完全な情報源と呼ぶことができる。その情報源 s はまた、知っている例についての役割フィラーをも提供する。正式には、s は、役割  $r^{s_1}, \dots, r^{s_n}$  のための役割フィラーを提供する。各役割について、s は、すべてのフィラーもしくはそのいくつかのみを提供してもよい。どのクラスおよび役割が s がそれについて知っているかについての情報は、s のための情報源記述 1 1 3 に含まれている。

実行時間にシステム 1 0 1 により得ることのできる情報の種類について、またどのようにそれが使用されるかについて記述する。情報タイプの第 1 のセット (ドメン情報と称する) は、クラス階層についての情報とそれらのクラスにおける個々の情報とを含む。特に、我々は、次のタイプの情報を識別した。

メンバーシップ メンバーである個人 (クラスのメンバーではない)、たとえば、A I リサーチャーのひとりであるロン・ブラッチマン。

フィラー 別の個人の役割を埋めるひとりもしくはそれ以上の個人、たとえば、ロン・ブラッチマンの所属先 (affiliation) は、A T & T B e 1 1 L a b s である。

サイズ クラスのサイズまたは役割のフィラーの数。

制約事項 クラスまたは役割のフィラーにおける高いレベルの制約事項 (たとえば、すべてのフィラーは、ある範囲内にある)。

リレーションシップ 異なるクラスまたは役割間の関係 (たとえば、ひとつのク

ラスが別のものを含む)。3

情報タイプの第2のセット(ソース情報と称する)は、上記のタイプと同様であるが、情報源についての知識に関するものであり、ドメインモデルのクラス階層についてのものでない。

メンバーシップ 情報源で見つけ出される(そこでは見つけ出されない)個人。

フィラー 特定の情報源において別の個人の役割を埋めるひとりもしくはそれ以上の個人。

サイズ 特定の情報源に見つけ出されるクラス例の数。

制約事項 ある情報源にとって特定の高いレベルの制約事項(たとえば、ある情報源のみが Bell Labs リサーチャーを含む)。

リレーションシップ 異なるクラスまたは役割間の関係(たとえば、情報源  $s_1$  が情報源  $s_2$  におけるデータのすべてを含む)。

なお、いくつかのケースでは、ドメイン情報はソース情報および情報源の記述から推論される。

#### 問い合わせを最適化するため情報を用いる

上述した情報タイプが問い合わせを最適化するために用いられるいくつかの方法が存在する。

メンバーシップ メンバーシップの情報は、追加情報を含むような情報源を識別するのに有用である。情報源  $s$  において個人  $a$  を見つけ、後のサブゴールが  $a$  の役割  $r$  のフィラーについて尋ねる場合、まず  $s$  が  $r$  のためのフィラーを含むか否かをチェックする。なお、一般的に情報源はクラスの例の一部を有するのみであるので、このタイプの情報は特に有用であり、したがって、与えられた情報源における例を見つけることはかなりの情報である。

フィラー 役割のための特定のフィラーについての情報は、他の情報源に問い合わせを制約するために用いられる。たとえば、ある情報源からボブ・ジョーンズのエリアコードを知るとすると、それは別の情報源に送った問い合わせに組み込まれる。

サイズ クラスおよび中間結果についてのサイズ情報は、問い合わせにおけるサ

ブゴールをオーダーするにあたり有効である。従来の問い合わせ処理システムは、処理がスタートするまえにサイズを概算する。しかし、実際のサイズ情報を用いることは、良好な概算が入手不可能である場合に重要となるであろう。

リレーションシップ 追加のドメインモデル情報の主要となる使用は、可能な情報源を除外することである。個人が問い合わせから推測されるさらに特定クラスに所属することを知ることにより、ひとつのビンディングとしてその個人を含む問い合わせの後のサブゴールにおいて考慮された情報源の数を我々が制限できるようとする。

制約事項 ドメインレベルの制約事項は、あるサブゴールから次へ制限を広げることにより使用される。これは、制約事項があらかじめコンパイルされた情報を使用する代わりに動的に識別される以外は、意味論上の問い合わせ最適化で行った再組織化のいくつかと同様である。

完璧 クラス（または役割のフィラー）についての完璧な情報は、クラス（または役割のフィラー）の更なる例のための検索を我々がストップできるようにする。

#### ドメインおよびソース情報の獲得

動的問い合わせ処理方法が異なる第2の次元 (dimension) は、ドメインおよびソース情報が有られる方法である。

● 問い合わせにおけるサブゴールを単に解決することにより、情報が見つけられる。サブゴールの解決において見つけられるビンディングの値のみを記録する代わりに、それらが見つけられ他情報

源を記憶することもできる。追加のドメイン知識は、ビンディングが見つけられ他情報源の記述から推測される。たとえば、ロン・ブラッチマンは、AAA I フェロー情報源において見つけられ他場合、我々は、彼が A I リサーチャーのサブクラスであるクラス AAA I フェローのメンバーであることを推測できる。ブラッチマンがすべての物理学のリサーチャーを含む情報源において見つからなかつた場合、我々は、彼が物理学者でないことを推測できる。この技法の詳細は、以

下に示される。

- ピンディングについての情報は、情報を必要とするサブゴールを解決するために試まれるプロセスにおいて見つけ出せる。たとえば、我々は、ブラッチマンの書類に対して2、3の書類保存場所を考え始め、そのようにすることで彼がA Iリサーチャークラスのメンバーであるという結果を出す。これにより、我々は、考慮する次の書類保存場所を削除することができる。
- 前の問い合わせを解決するために得られた情報が利用できる。ここで挑戦は、将来の問い合わせに関係する且つ急速に変化しない情報のみを前の質問から思い出すことである。
- 最後に、情報代理店は、ピンドィングについての情報を活発に探すために新たな問い合わせを作り出すことができる。たとえば、書類保存場所を提供する情報源の記述を考慮することにより、代理店は、著者の所属先および分野を知ることが関連する情報源の数を目覚ましく減少することを決定できる。したがって、代理店は、そ

の問い合わせを解決する前に、ブラッチマンの分野および所属先を探す問い合わせをまず持ち出すであろう。

#### 問い合わせ計画を動的に生成するアルゴリズム：図4

大まかにいって、図4に示されるアルゴリズムは、情報源123から受けたタイプ情報を用いることによって、残りの問い合わせのタブルを算出するのに用いられたサブ計画を取り除くために働く。詳しく述べると問い合わせ計画を動的に発生させる為のアルゴリズム401は、まず従来の技法によって接合順序を決定する。そして、アルゴリズム401は、問い合わせのそれぞれの論理積を評価する時のふたつのフェーズに働く。第1フェーズ405では、アルゴリズム401は、問い合わせ変数の知られたピンドィングを用いて論理積を評価するためにサブ計画を発生させる。第2フェーズ407では、アルゴリズム401は関連する情報源にアクセスし、関連する情報源から受けたタイプ情報を用いて問い合わせ変数のための新しいピンドィングを生成する。タイプ情報はアルゴリズム401にCSDR409として表わされ、それは、外部サイト関係の強制である。他の実

例では、タイプビンディング情報とは異なる情報が使われる。アルゴリズム401はフェーズ405と407の間でそれぞれの問い合わせ内の論理積が評価されるまで交替し、問い合わせは回答される。アルゴリズム401が蓄積時間に接合順序を選択していても、アルゴリズムを拡張してビンディング情報を用い、動的に接合順序を決めることは簡単である。

アルゴリズム401が実行時間に問い合わせを最適化するために用いるすべてのタイプ情報409が、問い合わせおよび様々なサイ

ト記述において静的に利用可能であることを強調することは重要である。大体において、すべての利用可能な問い合わせ計画を蓄積時間に発生させ、実行時間にそれらの計画からひとつを選択することは可能である。実際には、多数の情報源があるとこの手法の実行を難しくし、我々のアルゴリズムは実行時間に問い合わせのセグメント計画を創りだす。

#### 好ましい実施例におけるアクセス計画発生と実行 119：図5

アルゴリズム401を実行するために、システム101のアクセス計画発生と実行部品119は、図5に示されるように更新される必要がある。部品119はふたつの副構成部品、問い合わせ計画ゼネレータ509と問い合わせ計画エグゼクタ501を持つ。問い合わせ計画ゼネレータ509は、サイト記述201を含むKBS109からの情報アクセス記述501に、いくつかのサブ計画512により決定された問い合わせ計画511を発生することによって応答する。それそれのサブ計画512は交互に問い合わせ計画エグゼクタ519に送られる。問い合わせ計画エグゼクタ519は、現在のサブ計画512に特定された情報源123を照会するためにサブ問い合わせプロトコル525を作成し、現在のサブ計画512を実行する。プロトコルが実行されると、サブ問い合わせ結果523と問い合わせ計画エグゼクタ519の追加情報517に戻り、これはサブ計画結果523を保持し、そして問い合わせ計画ゼネレータ509の追加情報517に戻り、これは残りのサブ計画512を追加情報に基づいて取り除く。すべての必要なサブ計画が実行されると、保持されたサブ問い合わせ結果523は問い合わせ結果521とし

てグラフィカルユーザーインターフェース 103 へ行く。

現在の好ましい実施例では、追加情報はサブ計画結果 523 に適用する強制としてみなされる。その強制は、その後サブ計画が例を検索するという概念に適用される。もし問い合わせ計画 511 が概念と追加情報によって定義された強制と相互に満足しうる強制を含むサブ計画 512 が実行されないと、それらの実行されないサブ計画 512 は問い合わせ計画 512 から取り除かれる。

#### ユーザーインターフェイス

以下は、システム 101 におけるユーザーインターフェイス 103 の説明である。ユーザーインターフェイス 103 は図 6 から 8 と共に説明される。

ユーザーインターフェイス 103 は、情報検索システム 101 が WWW クライアントであるときの本発明のひとつの実施例と共に説明される。このため、この説明はハイパーテキストナビゲーションの簡単な説明とハイパーテキストリンクの翻訳と共に始めるが、これらはすべての相互作用する WWW クライアントに共通のオペレーションである。

図 6 に示されるように、ユーザーインターフェイス 103 は、ハイパーテイア WWW ドキュメントのプレゼンテーションと相互作用をサポートするハイパーテキストブラウザ 602 を含む。システム 101 によってハイパーテキストドキュメントが検索されると、ハイパーテキストブラウザ 602 はドキュメントをフォーマットし、テキスト 604、グラフィック 606 及びハイパーテキストリンク 608 との混合として表示する。表示されたハイパーテキストリンク

608 は、ドキュメントの残りのテキストと区別することができるよう異なる外見（例：異なる色、アンダーライン、イタリック字体など）を持つ。

ハイパーテキストブラウザ 602 は、ハイパーテキストリンクの選択行動にグラフィカルポインティングデバイス（例えばマウス）によってジェスチャーを行う（例えばマウスボタンを押す）ことにより意味をつけることでこれらのハイパーテキストリンク 608 によるユーザー相互作用を許諾する。ハイパーテキストリンク 608 は他の情報源を表わすことから、ハイパーテキストリンクの選択結果はリンクに関連するオブジェクトを検索することである。このようなオブジェ

クトは他のハイパーテキストドキュメントまたは音、イメージまたは映画といった何か他のメディアタイプである。

情報源という言葉は、何等かのタイプの情報を伝達する種々の実体を記述するのに広く用いられる。情報源のある特定化されたタイプのひとつに、ひとつのドキュメントがある。以下の説明において我々は時々ドキュメントを特に広く用いられる情報源の例として参照する。これらのドキュメントは、グラフィック、オーディオ、アニメーション及び他の情報源とのハイパーテキストリンクを含むハイパーメディアドキュメントである。他の情報源の例はドキュメントの集まり（例：ディレクトリ又はデータベース）と、他の情報源の集まりへのアクセスを提供するインフォメーションサーバを含む。

ハイパーテキストブラウザ 602 によって表示されたハイパーテキストリンク 608 は、ドキュメントを検索するためのロケーションとアクセス方法を符号化する関連ユニバーサル・リソース・ロケーター (URL) を持つ。検索動作を処理するために、リンク翻

訳機 130 (図 1) は情報源 123 にどのように接続するかを決定するために URL を解読し、ドキュメントを要求する。URL の最初の部分はドキュメントが存在していたサーバと通信するために用いられるプロトコルを符号化する。URL の第 2 の部分はネットワーク名あるいはネットワークアドレスである。残る部分は、ドキュメントをサーバにおいて唯一的に見分けるパスネームまたは照会である。通信プロトコルを決定すると、リンク翻訳機 130 は、サーバ名と、適切な情報アクセスプロトコルインターフェイス 121 へドキュメントを参照するパスネームまたは照会を受け渡す。それぞれの情報アクセスプロトコルインターフェイス 121 はひとつのネットワークプロトコルを実行しサーバとのコミュニケーションを確立しドキュメントを検索する。

うまくドキュメントの検索ができると、ドキュメントは翻訳されハイパーテキストブラウザ 602 において表示されるようにフォーマットされる。ドキュメントの翻訳は埋めこまれたハイパーテキストリンクの確認も含まれ、そのためハイパーテキストブラウザ 602 はこれらの視覚的表示とのリンクと上記に示した相

互作用を表示することができる。

上記に説明したハイパーテキストナビゲーション、ハイパーテキストの翻訳、そしてハイパーテキストリンクに基づいたドキュメント検索は、よく知られています。一般的な技法のひとつを用いれば簡単に実行することができる。

本発明のひとつの実施例では、ユーザーインターフェイス 103 は CLASS I C 知識表示システム（知識ベース）109（図 1）に接続され、これは情報源記述を貯えるための手段である。シス

テム 101 は、情報源記述 113 を用いて情報源を表わす。これらの情報源記述 113 は、知識ベース 109 オブジェクトというシステムによって表わされる。情報源記述は情報源に関連する属性から成る。情報源記述は知識ベース 109 を照会し、知識ベースが記述する情報にアクセスし、検索することを許諾する。情報源記述に含まれる属性の詳しい例は、情報のタイプ（例：フォーマットされたテキスト、グラフィカルイメージ）、ドキュメントのサイズ（内容の長さ）、情報の最終更新時間、情報の最終アクセス時間のような特性を含む。これらの属性は一般にその情報が何であるかという理解なしで決定される。加えて、情報源記述は情報の意味ある内容、例えばその情報が何であるかというトピック属性を表わす。一般的に、情報の意味ある内容に関連する属性は情報の内容についての若干の理解を必要とし、完全に自動的には抽出されない。

この後者の属性クラスは、情報源の意味ある内容を表わすが、情報源とワールドビュー 115 の概念の間に関連性を確立する。ワールドビュー 115 は、当初ユーザーにとって意味があった概念を含む。ワールドビューにおいて最も一般的に使われている概念は、ある情報源の意味ある内容の側面を説明するのに用いられるトピックである。これらのトピックは、それぞれ法則化分類法において関連している。ユーザーは、しばしばこれらのワールドビュー 115 概念でいう知識ベース 109 をブラウズしたり、照会したいと願う（例：あるトピックについての情報源のセットを見つける）。これらのブラウズ／照会オペレーションは、トピックの概念を進歩的に法則化し、または知識ベースに表わされた情報源の審査を限定するために分類法構成を利用することができ、その詳細については下記

に述べる。情報源の外部からの性質に関連する属性、例えばネットワークアドレスやアクセス方法は、情報源とシステム／ネットワークビュー 117 における概念の間の関連性を確立する。

CLASSIC 知識表示システム 109 は、上記に詳細に述べられており、またこれがユーザーインターフェイス 103 に関連する限りにおいてさらにここに記述される。CLASSIC は、概念とそれらの例をオブジェクト中心の記述して運用している構築された記述ロジックベースシステムである。CLASSIC は、包含と分類の推論を行い、概念を法則化分類法に自動的に組織すると共に個々のオブジェクトをすべての適切な概念を基に分類する。それはまた前方連鎖結論のための規則メカニズムを提供する。CLASSIC の記述ロジックの高価性はインターフェイスが多項式コストにより為されることを確実にするために設計されている。

CLASSIC 知識表示システム 109 は、ドメインモデル 111 に加えて純化することによって知識ベースを広げるためのファシリティを含む。新しい情報源が発見され、新しい情報源記述が知識ベース 109 に追加されると、ユーザーのワールドビューは変わり、このためシステムはユーザーインターフェイス 103 によって呼び掛けられた概念エディタ 708 (図 7) を提供することによって新たな概念と関連性の追加をサポートする。概念エディタ 708 は図 7 に示されるとおり、ディスプレイスクリーンの右下部分に具体例で示される。このディスプレイスクリーン内の部分はコマンドウインドウ 622 と呼ばれる。コマンドウインドウ 622 はユーザーがディスプレイオブジェクトのポインタジェスチャーとして表現できないテキストのコマンドを入力するところである。加えて、ディス

プレイオブジェクトのポインタジェスチャーの多くは、直接コマンドに書き換え、そのためにコマンドウインドウ 622 はマウスポインタを操作することによって起こるそれらのコマンドも表示する。コマンドウインドウ 622 はそれまでに実行されたすべてのコマンドの記録を保持することから、相互作用のヒストリーとしても働く。

概念エディタ 708 は新たな CLASSIC 概念記述を創るためのフォームインターフェイスを提供する。フォーム内のフィールドは概念の名前、概念のタイプ（一次的なもの、派生的なもの、または素一次的なもの）、親概念、そしていかなる追加的な役割の制限をも含む。これらのフィールドでの編集操作は知識ベース 109 の内容に影響しない。知識ベース 109 はユーザーが明白にコミットされた操作によって概念の生成を確認したときだけ変えられる。その時概念は生成され、分類される。概念エディタの失敗は知識ベースを変更のないままにする。新たな概念が生成されたとき、CLASSIC の分類推論は新たな概念の構成制限を満足させるすべての記述を正しく決定する。

CLASSIC のような知識表示システムの利用は様々な情報源から検索された情報の組織化を課せられているユーザーを助ける。知識ベース 109 における概念において情報源記述を入力することによって、システムは自動的に（分類することにより）情報源記述を分類法のどこに入れるかを決定する。情報源記述がたくさん属性を含むことから、与えられた情報源記述は 1 つ以上の概念の下に分類されるので、この自動的推論ステップは重要かつ有益である。

図 6 を参照すると、ユーザーインターフェイス 103 はハイパーテキストブラウザ 602 と知識ベースブラウザ／エディタ 610 を

含む。ハイパーテキストブラウザ 602 は機能的に現在他に存在する WWW ブラウザと類似する。知識ベースブラウザ／エディタ 610 はユーザーにとって知識ベース 109 の一部分であるワールドビュー 115 のグラフィカルビューを表わす。インフォメーションスペースのナビゲーションはハイパーテキストブラウザ 602 又は知識ベースブラウザ／エディタ 610 のどちらを用いても行える。ユーザーインターフェイス 103 はユーザーが便宜的にこれらの適当な方にスイッチすることを可能にすることによって両方のナビゲーションパラダイムをサポートする。

知識ベースブラウザ／エディタ 610 はワールドビュー 115 の概念をひとつの法則化分類法として表示する。概念間の関連性は、ノード、例えば 612 が、概念とエッジを表わし、614 は概念と祖先／子孫の包含関係を表わす指定グラ

フとして表わされる。知識ベースブラウザ／エディタ 610 のひとつの機能はユーザーに知識ベース 109 のワールドビュー 115 の組織された全体図を提供することである。ワールドビュー 115 の外部にある概念はディスプレイから隠され、インターフェイス 103 がユーザーに提供する情報量を減らし簡易化する。

上記に述べたように、ユーザーが興味のある情報を情報源記述 123 に見つけたとき、ユーザーは情報源記述を知識ベース 109 に保存し、将来の情報へのアクセスを簡単にしようと願う。これらの情報源記述は、これらの記述をドメインモデル 111 によって生成することによって知識ベース 109 に加えられる。新しい情報源記述が生成されるとき、ユーザーインターフェイス 103 は知識

ベースオブジェクトエディタ 616 を提供しユーザーにその記述の住まわせ方をガイドする。

情報源記述を知識ベース 109 に加えるときに具体例で示された知識ベースオブジェクトエディタ 616 は、情報源記述の変更可能なテンプレートを表わし、属性バリューペアとして表わされる。ひとつの情報源記述のそれぞれの属性に対して、これらのペアのひとつがあり、その属性について与えられるバリューの編集可能フィールドを持つ。図 6 に示された知識ベースオブジェクトエディタ 616 は、名前、トピック、記述、注釈、URL (アクセス用パス)、アクセス時間、最新更新時間、更新の頻度、そして内容の長さといった属性を含む。新たな情報源記述を知識ベース 109 に加える努力を少なくするため、検索されたドキュメントから自動的にある属性を抽出して知識ベースオブジェクトエディタ 616 内の適当なフィールドへ住まわせることによってシステムはこのプロセスをサポートする。オブジェクトが知識ベースに加えられる前にユーザーがシステムによって示唆されたバリューを更新したり取り替えたりする機会があるとき、このプロセスは忠告になる。図 6 に示された例では、システムはトピックと注釈という属性を除いたすべてのバリューのフィラーを自動的に提供する。知識ベースオブジェクトエディタ 616 は属性を決定したシステムを変更したり、システムでは正しく決定されることができない他の属性を追加したりするために用いられる。例えば、ひとつの情報源のトピック属性にフィラーを提供するのはユーザーの責

務である。これらのユーザーに決定される属性を自動的に生成したりフィラーを助言したりするための更な

る補助が下記に述べられている。属性バリューが満足できるとき、ユーザーは新たな情報源記述の知識ベースへの生成をコミットすることによって編集プロセスを終了する。このとき新たなオブジェクトが生成され、分類される。あるいは、知識ベースオブジェクトエディタ 116 も、既に知識ベース内に貯えられて存在する情報源記述を変更したり追加を加えたりするために用いられる。この場合、編集がコミットされたときには新たなオブジェクトは生成されず、オブジェクトが再分類される。もし編集を失敗したときはオブジェクトと知識ベースのどちらにも変更は行われない。知識ベースオブジェクトエディタ 116 はコマンドウインドウ 622 (上述) のなかに具体例で示されている。

情報源記述を知識ベースに追加する業務におけるひとつ的方法はドラッグ／ドロップ・パラダイムを用いることによってサポートされる。この技法において、ユーザーはマウスのようなポインティングデバイスをオブジェクトのアイコン表示を選択したりドラッグ／ドロップするために用いる。ユーザーインターフェイス 103 では、ユーザーはハイパーテキストブラウザ 602 からひとつのドキュメントのアイコン表示をピックアップし、それを知識ベースブラウザ 610 へドラッグし、例 618 のようなトピックを表示するノードにドロップする。ドキュメントのアイコン表示は、例えば、ハイパーテキストリンク 620 であり、これはドキュメントを表示するアクティブディスプレイエレメントであるが、またはハイパーテキストブラウザ 602 に表示されたドキュメントの何か他のアイコン表示 622 である。

例えば、図 6 に示されるとおり、ユーザーはハイパーテキストリ

ンク 620 又はアイコン表示 622 のどちらかをポイントするが、この両方とも現在ハイパーテキストブラウザ 602 に表示されているドキュメントを表わすものである。もしユーザーがハイパーテキストリンク 620 又はアイコン表示 622 のどちらかを知識ベースブラウザ／エディタ 610 内の食物ノード 618 へド

ラックしたとき、ユーザーは食物というトピックに関連する知識ベース109内のドキュメントの情報源記述を保存したいということを表わす。このドラッグアンドドロップアクションは知識ベースオブジェクトエディタ616をコマンドウインドウ622の中に具体例で示されるようにさせる。ユーザーがアイコン620もしくは622を知識ベースブラウザ／エディタ610内の食物ノード618にドラッグした結果としてトピックス属性は食物概念のなかに住まわせられる。上記に述べたように、URL、アクセス時間、内容の長さ、最終更新時間、更新の頻度のような属性を決定したシステムは自動的にシステムによって住まわせられる。

ユーザーが情報源記述とただひとつのトピックだけを結び付けたいとき、例えばこのように食物の場合、知識ベース109への情報源記述の追加プロセスはほんの少しの数のポインタージェスチャーによって（例えばキーボードによる操作なしで）すばやく完了できる。より複雑な記述は知識ベースオブジェクトエディタ616によるユーザーの追加操作を必要とする。例えば、もしユーザーがドキュメントを他のトピックと結び付けたいとき、例えばエンターテインメントとか、発熱デバイスなどの場合、ユーザーは知識ベースオブジェクトエディタ616の情報源記述のトピックス属性を、知識ベース109の情報源記述をコミットする前に編集する。

システムが知識ベース109の情報源記述への追加をサポートするもうひとつ の方法は、自動的にドキュメントの内容をドメインモデル111のワールドビュー-115ポーションの概念と結び付ける自動情報抽出機132（図1）を提供することによって得られる。これはテキストのレギュラー表示パターンの地図をワールドビュー-115の部分で調べることによって得られる。ドキュメントが知識ベース109に加えられるとき、自動情報抽出機132はレギュラー表示パターンとドキュメントテキストをマッチさせる。マッチするパターンのとき、地図はパターンと結び付く概念を見つけるべく調べられる。マッチングプロセスによって得られた結果はユーザーへそれらの属性に対して適用可能な選択肢として示される。例えば、パターンはドキュメントの要旨の内容に関連するキーワードと成

り得るので、マッチングプロセスはドキュメントのトピック属性に可能なファイルのリストを作成する。マッチングプロセスが必要上未完了であり、地図がレギュラー表示の制限された表現力のために頼れるほどのものでないことから、この情報は知識ベースオブジェクトエディタ 616 を通してユーザーへ通知ベースで示される。ユーザーは知識ベースオブジェクトエディタ 616 を用いて、知識ベース 109 の情報を保存する前に属性を編集する機会を持つ。自動情報抽出機 132 のマッチングプロセスはユーザーがドキュメントを記述するのに適当な概念を決定するのを助けることを目的にしているが、これらの概念を特定する最後のコントロールと責務はユーザーにある。

知識ベース 109 は情報源についてのデータを保存するための場所としてだけではなく、ブラウズと照会の媒介としてもはたらく。

つまり、ドキュメントの検索とディスプレイは、ハイパーテキストブラウザ 602 のみに頼るよりは、知識ベースブラウザ／エディタ 610 から始められることができる。

知識ベース 109 に問い合わせするのに用いられる問い合わせ言語は本質的に概念記述を表現する CLASSIC 言語と同じであり、CLASSIC の記述ロジックに明示されない操作と制限をいくつかの他のオペレータが表現する。CLASSIC はテスト機能を記述内に提供することによって追加制限を許諾する。これらのテスト機能は概念記述のなかにメンバーシップを確立するための独断的コードを持つ。ひとつの問い合わせは、ドキュメントの収集を制限する知識ベース内において概念と個々の制限を明示する。

問い合わせがシステムに寄せられたとき、問い合わせ翻訳機 107 (図 1) は問い合わせシンタックス (syntax) を CLASSIC 概念記述に変換する。これは CLASSIC 知識表示システム 109 によって評価のために用いられる問い合わせの規範的な形式である。CLASSIC の記述ロジックにおいて表現されない問い合わせ言語オペレータは、CLASSIC テスト機能において要約された実行可能なコードに変形される。問い合わせを CLASSIC 表現に翻訳した後、この規範的な形式は文法的関係を説明付けられ、名前のない一時的な

概念の形式に標準化される。問い合わせを評価する最後のステップは、この一時的概念の実例（CLASSIC個体）を要求する。例のリストはフォーマットされて問い合わせ結果としてユーザーに表示される。

知識ベース109からの検索のひとつのモードはブラウズであり、これは共通の知識ベース検索を知識ベースブラウザ／エディタ61

0にあるポインタージェスチャーを用いて実施されたひとつのコマンドに要約する問い合わせの特別ケースである。例えば、図7を参照すると、知識ベース109の「情報検索」概念を表わすノード704のマウスボタンをクリックすることは、「情報検索」概念の下に少なくともひとつのトピック（この概念の直接例またはそれに由来するもの、といった）を持つ知識ベース109の情報源記述を見つけるひとつの問い合わせを意味する。このようなブラウズ操作の結果は知識ベースブラウザ／エディタ610にリスト702を表示するためにあり、その知識ベースオブジェクトは問い合わせを満足する情報源記述を表わす。知識ベースブラウザ／エディタ610内の知識ベースオブジェクトが表示されたリスト702は、オブジェクトと結び付いたアクセスパス情報を用いてオブジェクトにポイントされて表示された情報源記述に結び付く実際のドキュメントを検索するために、ユーザーがこれらのオブジェクトに一回のマウス操作をするという意味において相互作用する。しかるに、表示された知識ベースオブジェクト702のリストと結び付くドキュメントは、ハイパーテキストブラウザ602のハイパーテキストリンクとの関係において上記に述べた方法と同様の方法によって検索され、表示される。

上記に述べたグラフィカルブラウズ操作によって表現されることのできない問い合わせのために、ユーザーはドキュメントの収集により複雑な制限を記述するための完全問い合わせ言語へのアクセスを持つ。このような問い合わせの一例として、「1月1日からアクセスされていない、科学という名のもとに少なくともひとつのトピックを探す」のように英語に書き換えられる。ユーザーはこれらの問い合わせを上述の、ユーザーインターフェイス103のテキストコマンドウ

インドウ 622 に入力する。このような問い合わせの結果はドキュメントを表わすオブジェクトのリストである。照会のブラウジングモードにより、問い合わせ結果は知識ベースオブジェクトの相互作用リストとして表示され、そのために集合内の個々のドキュメントはその表示された表示上にポインタージェスチャーによって検索される。

CLASSIC 記述言語を問い合わせの規範的な形式として用いることによって、システムはユーザーが後日の再利用のために知識ベース 109 に問い合わせを構築し保存することを可能にする。これはユーザーに慣用的または頻繁に明示される問い合わせを実行するのに便利な方法を与えるものである。問い合わせは問い合わせの媒介式、無名の一時的な概念を名付けられた概念に変換することによって保存される。名付けられた概念を生成することは、問い合わせを知識ベース 109 の不変の部分とする。他の概念のどれも、これらの問い合わせ概念は法則化分類法の適当なポジションに分類され、知識ベース 109 は問い合わせを保存するだけでなくそれらを構築する（知識ベースはひとつの問い合わせが別の法則化であるかどうかを認識できる）のに役立つ。これらの問い合わせは、知識ベースブラウザ／エディタ 610 に表示され、視覚的にそれらの関係を表示する。問い合わせは知識ベース内の名付けられたオブジェクトとして簡潔に表示されることから、問い合わせの次の実行は知識ベースブラウジングとの関係において上記に述べられたようにただ一回のブラウズ操作によって表現される。

#### ハイパーテキストブラウザ 602 と知識ベース 109 間の相互作用

用のいくつかは、ハイパーテキストブラウジングのような他の操作の副作用として絶対的に発生する。システムは知識ベース 109 に保存されたデータに影響するようなハイパーテキストブラウズ操作の記録をキープする。このような相互作用は、ドキュメントを知識ベースに追加するといったユーザーによって始められた明白な相互作用と反するために、ユーザーには透明である。もし、WWW をブラウズする間、情報源記述があらかじめ知識ベースに保存されているドキュメントとユーザーが遭遇するとき、システムは自動的に知識ベース内のドキュメントの情報源記述のアクセス時間属性を更新することによってこれを記録する。絶対

的に更新される他の情報源記述属性は内容の長さや最終更新時間を含む。

ユーザーインターフェイスはシェルフ704を含み、これは後日の利用のために相互作用するスクリーンオブジェクトを保存するためのマルチメディア・スクラッチパッドとして働くディスプレイ上のひとつのエリアである。ディスプレイ（例：ハイパーテキストブラウザ602からのハイパーテキストリンク708、知識ベースブラウザ／エディタ610からの概念ノード618（図6）等）内のいかなるポインター感応オブジェクトもピックアップされ、シェルフ704にドラッグされる、このようにしてオブジェクトのコピーを生成する。シェルフ704におかれたアイテムはそれらの元々の相互作用行動を保持する。例えば、シェルフ704にコピーされたハイパーテキストリンクは、ちょうど同じジェスチャーがハイパーテキストブラウザ602内のハイパーテキストリンク上に実行されたときと同様に、ドキュメントを検索するためにクリックされつけられる。

ユーザーインターフェイス103はまた知識ベースオーバービューブラウザ706を含む。これは知識ベースブラウザ／エディタ610内に表示されている指示グラフの鳥かん図を提供するものである。この知識ベースオーバービューブラウザ706はユーザーに全知識ベース概念グラフの次なる視野を提供し、これは、典型的に、知識ベースブラウザ／エディタ610の視覚可能なポーション内に全体を納めるにはあまりにも大きすぎるものである。

ユーザーインターフェイス103はまたパスヒストリーブラウザ800を含み、これは図8に示されている。このパスヒストリーブラウザ800はユーザーがセッションの間に訪れた情報源の相互作用的グラフィカルヒストリーを表示する。例えば802のようなノードは、パスヒストリーブラウザ800においてユーザーが訪れた（ハイパーテキストブラウザ602内で検索され表示される、といった）情報源（例：ドキュメント）を、例えば804のようなそれらの間のハイパーテキストリンクを示すエッジによって示す。ユーザーはノードをクリックすることによってヒストリーと相互作用できる。これはハイパーテキストブラウザ602のコンテキストをノードに結び付く情報源に戻すものである。

ここからのユーザーインターフェイス103の説明はWWWブラウザ内に実証されたユーザーインターフェイスを記述した。WWWの情報源は一般的に未構築のデータソースとして分類されており、このためデータは構築された方法によって組織されてはいない。WWW上に情報を見つけるためには、ユーザーはハイパーテキストブ

ラウザ602を用いて情報スペースをブラウズする。ハイパーテキストブラウザに表示されたそれぞれのドキュメントは他の関連するドキュメントへのポインター又はハイパーテキストリンクを持つ。これによって、ユーザーは有益な情報を探すためにWWW上をナビゲートする。有益な情報が見つかったら、ユーザーは上述の知識ベース109内の情報源記述をセーブする。

このアプリケーションの始めの問い合わせ生成と最適化の説明は、ある複数の情報源からの情報の検索を記述し、この情報源は、一般的に、データが何らかの構築された方法によって（例えば、関連性のあるデータベース）組織化される構築されたデータソースとして分類される。情報は通常、ブラウズするよりはデータベース上の問い合わせによって構築済のデータソースから検索される。

本発明の別の局面は、以下に示すような構築済みおよび未構築のデータソースの統合である。

構築済みおよび未構築のデータソースが改善された検索システムに供給されるように結合され得る方法がいくつかある。

① ユーザーインターフェイス103は知識ベースブラウザ／エディタ610のコンテキストを用いて問い合わせを組織化できる。

② 問い合わせへの回答はブラウズを開始するためのポイントのセット、もしくは、より一般的には、回答の説明と更なるブラウンジングのためのポインタを添えたハイパーテキストドキュメントととして表示される。

③ 構築済と未構築の情報源のさらに原始的な組み合わせ。

これらの技法のどれについても、以下に更なる詳細が記述される。問い合わせ組織化のためにブラウジングコンテキストを用いる

ユーザーが知識ベース 109 ブラウザ／エディタ 610 を用いてブラウズしている、例えばユーザーが概念階層のどこかのポイントにいると仮定する。このポイントにおいて、ユーザーはその概念の例についてのより特定の問い合わせをしたいと思う。システムは自動的に分類の例に答を制限する論理積を問い合わせに挿入することができる。それはまたユーザーが値または幅を特定したいときのために何かの役割名を示唆する。

例えば、だれかが知識ベースをブラウズし、AI-researcher の概念にいると仮定する。ユーザーは分類内の専門知識エリアが planning であるところにあるこれらのリサーチャーを探そうとしている。AI-researcher (x)  $\wedge$  expertise (x, planning) , と問い合わせを働きかけるかわりに、ただ expertise = planning と特定するだけで、システムは問い合わせの最初の論理積を埋める。更に、システムは、例えば affiliation や、expertise などの AI-researcher 上に働きかけられる可能な制限をユーザーが確認することができるメニューを浮き出すことができる。

ブラウズをスタートするために問い合わせ回答を用いる

構築済問い合わせへの回答は本質的に問い合わせを満たす（関連性のあるデータベースのような）集合のリストである。これらの集合についてのひとつあるいはそれ以上の属性は URL である。この URL は未構築のデータソース内でブラウズを始めるために用いられる。例えば、我々が AI-researcher に問い合わせをしようとし、その専門分野は planning だとして、回答は、形式 (name, home-page-url) の集合のセットであろう。これらの集合はユーザーにハイパーテキストブラウザ 602 内のハイパーテキストリンクを含むハイパーテキストドキュメントとして表示され、ユーザーはそこからブラウズをスタートできる。

より一般的に、タブルはハイパーテキストドキュメントのなかでユーザーに記述される。（次に示す例のなかで、アンダーラインは表示されたテキストがハイパーテキストリンクを表わすことを示す。）例えば、次のようなタブルを表示す

る代わりに、

Bart Selman AT&T bell Labs home-page

Oren Etzioni University of Washington home-page

以下のように表示することができる。

The know AI reserchers whose area of expertise is Planning are: (専門知識がプランニングであることで知られる A L リサーチャーは：)

Bart Selman whose affiliation is AT&T Bell Labs. Click here fore his home page. (所属先が A T & T ベル研究所である

パート・セルマン。彼のホームページへはここをクリック。)

Oren Etzioni whose affiliation is U. of Washington. Click here for his home page. (所属先がワシントン大学であるオーレン・エズィオニ。彼のホームページへはここをクリック。)

簡単な発見的手法が、属性に連結する英語のフレーズを生成するために用いられる。

#### 原理的な組み合わせ

これからは構築済みと未構築の情報源が混在する問い合わせへ回答するためのより一般的なアプローチを説明する。まず例を挙げてこのアプローチを説明し、その後に一般的な枠組みを説明する。

問い合わせが、 D B C o n f e r e n c e ( x , y , 1 9 9 5 )  $\wedge$  T e m p e r a t u r e ( y , z ) であったと仮定する。言葉のなかで、 y はデータベースのなかの市であり、 x は 1 9 9 5 年に開催された、であり、 z は市 y の平均気温（月の特定については今のところは無視。）である。

我々は、 1 9 9 5 年にデータベース国際会議が開かれている場所を教えてくれる構築済みの情報源（例えばデータベース）へのアクセスを持つ。例えばそれはこのようなタブルを含む。

S I G M O D Washington D.C. ワシントン D. C. 1993

S I G M O D Minneapolis ミネアポリス 1994

S I G M O D San Jose サンノゼ 1995

V L D B	Dublin	ダブリン	1993
---------	--------	------	------

V L D B	Santiago	サンチャゴ	1994
---------	----------	-------	------

V L D B	Zurich	チューリッヒ	1995
---------	--------	--------	------

しかしながら、我々は特定の市における気温を提供する構築済みの情報源へのアクセスを持たない。その代わりに、我々はいくつかの未構築の情報源で、天気に関する本文中の記述を与えるものへのアクセスを持つ。しかしながら、これらの未構築の情報源は標準様式での気温の抽出を可能にする内部構造を持たない。例えば、このような未構築のソースがある。

カリフォルニア・ウェザー・サーバ

スイス・ツーリストインフォメーション・サーバ

サンノゼ・シティ・サーバ

最初の我々の問い合わせのサブゴールの解決を試みることは二つのファクトを生成する。

DBConference(SIGHOD, San Jose, 1995)と、

DBConference(VLDB, Zurich, 1995)

であり、それゆえ、問い合わせに回答するために、我々はサブゴールを解決する必要がある。

Temperature(San Jose, z)と、

Temperaturez(Zurich, z)である。

このとき、我々は、我々が持っている未構築ソースについてのいくつかの背景知識を用いることができる。例えば、カリフォルニア・ウェザー・サーバは、未構築の様式での、サンノゼの気温を含んでいると推測できる。これはなぜならサンノゼはカリフォルニアに在って天気の概念は気温の概念と非常に近く関連しているから推測できるのである。同様に、スイス・ツーリストインフォメーション・サーバはチューリッヒの天気情報を持っていると推測でき、また未構築の様式でも、ツーリストインフォメーションはたいてい天気を含むものだからである。このため、システムはユーザーに以下の情報を表示することができる。

SIGMOD国際会議はカリフォルニア州サンノゼにて1995年に開催される予定、サンノゼの天気はここ(California weather server)またはここ(San Jose city server)をクリックすれば見つけられます。

VLDB国際会議はスイスのチューリッヒにて1995年に開催される予定、チューリッヒの天気はここ(Switzerland tourist information Server)をクリックすれば見つけられます。

この例は二つの事を説明している。第一に、問い合わせへの最後の答えはシステム自身によっては与えられないが、むしろユーザーがいくつかの関連する未構築の情報源をブラウズすることによって得られる。しかしながら、システムの問い合わせプロセッサは、で

きるだけ多くの構築済みのソースを用いて、問い合わせへの回答を完了するために未構築ソースがブラウズされるのを取り去る。

一般的には、枠組みは以下のように説明される。我々の問い合わせが次の形式だと仮定する。

$$Q_1(\bar{X}_1) \wedge Q_2(\bar{X}_2) \wedge \dots \wedge Q_n(\bar{X}_n).$$

$\bar{X}_i$  が変数のタブルであり、  $Q_i$  が述部名とする。単純にすると、

最後のひとつを除く問い合わせのすべての論理積が構築済みソースによって回答される。

$X_{n-1}$  を最初の  $n-1$  論理積のひとつ(すなわち、  $X_1 \cup, \dots, \cup X_{n-1}$ )にあらわされた変数のセットとする。

我々はまず問い合わせの最初の  $n-1$  論理積を解決し、それは、我々が問い合わせを満足する(我々の例では、これらの変数は  $x$ 、国際会議名、そして  $y$ 、それが開催される都市)  $X_{n-1}$  のタブルを得るということである。それぞれのタブル  $t$  につき、我々は問い合わせの最後の論理積を考える。 $X_{n-1}$  の変数のいくつかは、その論理積に現れ、そのために  $X_{n-1}$  のそれぞれのタブルにつき、我々は最

後の論理積の部分的具体例を得ることができ、それは  $Q_a(\bar{a}_t)$  によって指示し（注：タブル  $\bar{a}_t$  は  $X_{a-1}$  に現れないタブル  $t$  と  $X_a$  から変数からの要素を含む。）我々の例では、このような具体例は Temperature (San Jose, z) である。

論理積  $Q_a(\bar{a}_t)$  は未構築のソースがそれに関連すると決定するモジュールにインプットとして与えられている。最も簡単には、 $\bar{a}$  から発生する名前そして  $q$  の名前をとって情報検索システム（例：

我々の例では San Jose と weather にフィードすることができる。その次には、これらの名前がトピックスにマッチするかどうかを未構築ソースが記述されたものによって単純にチェック

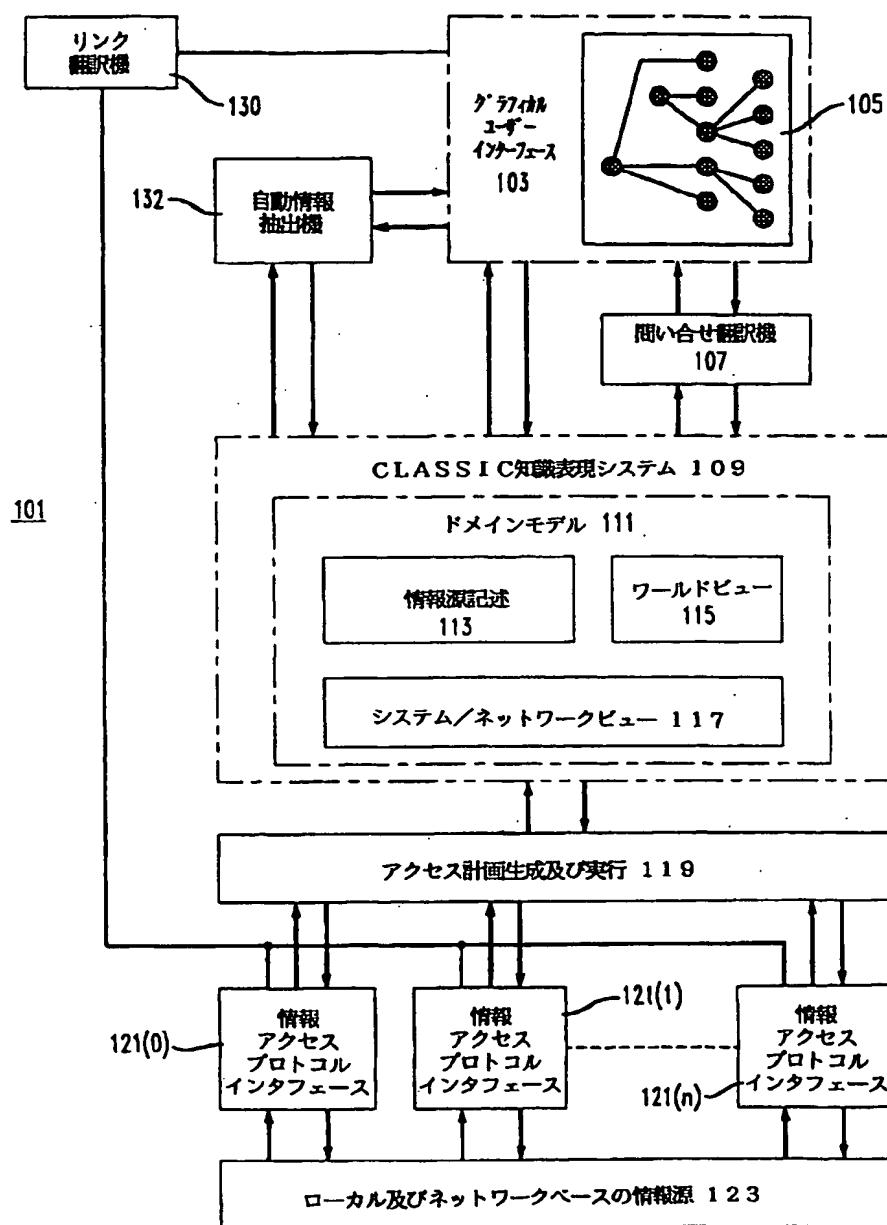
する。異なる可能性はいくつかもっと複雑な論理積  $Q_a(\bar{a}_t)$  に発生する名前についての推論を用いて、関連するソース（例示されたように）を決定することである。

その結果、それぞれのタブル  $t$  につき我々はソースのセット  $s_t$  を得る。ユーザーに表示される回答は、 $s \in s_t$  であるとき、ペア  $(t, s)$  のセットである。

次なる詳細記述はすべての関連する実例と模範であるとして理解されるべきものであるが制限的なものではなく、ここに発表された本発明の範囲は詳細記述から決定されるべきではないが、むしろ特許方によって許諾された全ての幅によって解釈された請求項によって決定されるべきである。例えば、本発明のシステムが CLASSIC 知識ベースシステムを用いて都合よく実行される間、本発明の原則は決してそのシステムを制限していない。本発明は他の知識ベースシステムにおけるのと同様、構築された方法でオブジェクトを保存することを許諾する他のタイプのデータベースシステムにおいても実行できる。

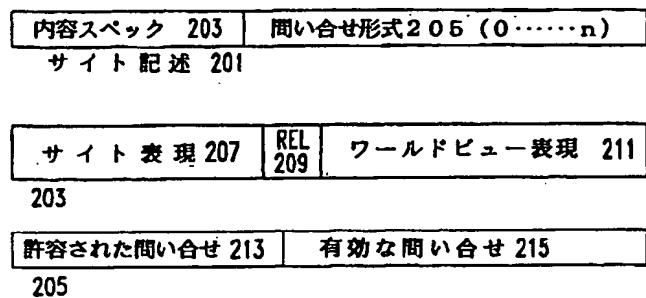
【図 1】

FIG. 1



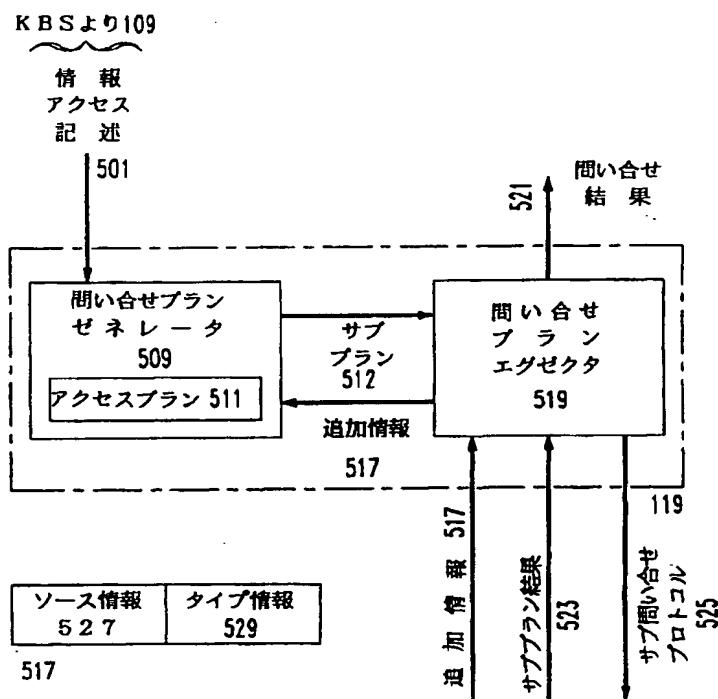
【図 2】

FIG. 2



【図 5】

FIG. 5



【図3】

FIG. 3

---

Algorithm GenerateSubPlan ( $E(\bar{W})$ ,  $C(\bar{W})$ ,  $SD$ )

$E(\bar{W})$  is a query on a single world-view relation,  $C(\bar{W})$  is a constraint on the tuples that need to be computed, and  $SD$  is the collection of site descriptions. The output is a collection of sub-plans, one for each of the relevant site descriptions in  $SD$ .

The following steps are performed for each site description  $SD \in SD$ .

1. If  $SD$  is of the form (1) or (2), i.e.,

$$\begin{aligned} C_R(\bar{Y}), R_1(\bar{X}_1), \dots, R_k(\bar{X}_k) &\subseteq C_E(\bar{W}), E(\bar{W}) \\ C_R(\bar{Y}), R_1(\bar{X}_1), \dots, R_k(\bar{X}_k) &= C_E(\bar{W}), E(\bar{W}) \end{aligned}$$

and  $C(\bar{W}) \wedge C_E(\bar{W})$  is satisfiable, generate a sub-plan for answering a fragment of  $E$  using traditional query optimization techniques on the conjunctive query:

$$\pi_{\bar{W}}(\sigma_{C_R(\bar{Y}) \wedge C_E(\bar{W})}(R_1(\bar{X}_1) \bowtie \dots \bowtie R_k(\bar{X}_k))).$$

2. If  $SD$  is of the form (3) or (4), i.e.,

$$\begin{aligned} C_R(\bar{X}), R(\bar{X}) &\subseteq C_E(\bar{Y}), E_1(\bar{X}_1), \dots, E_k(\bar{X}_k) \\ C_R(\bar{X}), R(\bar{X}) &= C_E(\bar{Y}), E_1(\bar{X}_1), \dots, E_k(\bar{X}_k) \end{aligned}$$

$C_E(\bar{Y}) \wedge C(\bar{W})$  is satisfiable, and  $\bar{X}$  (the variables of the site relation  $R$ ) contain the variables of  $\bar{W}$ , generate a sub-plan for answering a fragment of  $E$  using traditional query optimization techniques on the conjunctive query:

$$\pi_{\bar{W}}(\sigma_{C_R(\bar{X}) \wedge C(\bar{W})}(R(\bar{X}))).$$

3. In the case when  $E$  is a unary concept relation, we perform the first two steps for concept relations  $E'$  that are subconcepts of  $E$ .

---

【図4】

FIG. 4

---

**Algorithm DynamicPlanEval ( $Q(\bar{X}), SD$ )**  
 $Q(\bar{X})$  is the query, and  $SD$  is the collection of site descriptions.

1. Determine an order  $E_1(\bar{X}_1), \dots, E_k(\bar{X}_k)$  of joining the conjuncts in  $Q(\bar{X})$ .

Let  $P_i, 0 \leq i \leq k$  denote a set of pairs of the form  $(\bar{t}, C(\bar{Y}))$ , where  $\bar{t}$  is a tuple in the join of relations  $E_1, \dots, E_i$ , and  $C(\bar{Y})$  is a constraint, computed as described below.  $P_0$  is defined to have a single pair, whose tuple component has the empty tuple and whose constraint component has  $C_Q$ , the query constraints.

2. Perform the following steps for  $i = 1$  to  $k$ .

- (a) For each tuple  $(\bar{t}, C(\bar{Y})) \in P_{i-1}$  do

i. Let  $C_i(\bar{X}_i)$  denote the projection of  $C(\bar{Y})$  on the variables in  $\bar{X}_i$ .  
 405      ii. Generate a sub-plan for computing the tuples in the relation  $E_i(\bar{X}_i)$  satisfying the constraint  $C_i(\bar{X}_i)$ , using the site descriptions  $SD$ .  
 407      iii. Let  $\bar{t}_i$  be a tuple computed for  $E_i$  using a site description  $SD$ .  
 Let  $C'_i(\bar{X}_i)$  denote the projection of  $C_E^{SD} \wedge C_R^{SD}$  on the variables  $\bar{X}_i$ , where  $C_E^{SD}$  and  $C_R^{SD}$  are the constraints on the two sides of the site description  $SD$ .  
 For each tuple  $\bar{t}_i$  in  $E_i$  and matching  $C'_i(\bar{X}_i)$ , add the pair  $(\bar{t} \cdot \bar{t}_i, C(\bar{Y}) \wedge C'_i(\bar{X}_i))$  to  $P_i$ , where  $\bar{t} \cdot \bar{t}_i$  denotes concatenation of tuples.

3. The answers to the query can be computed from  $P_k$  by taking each tuple in the tuple component and projecting it on the variables of  $Q(\bar{X})$ .

---

[ 図 6 ]

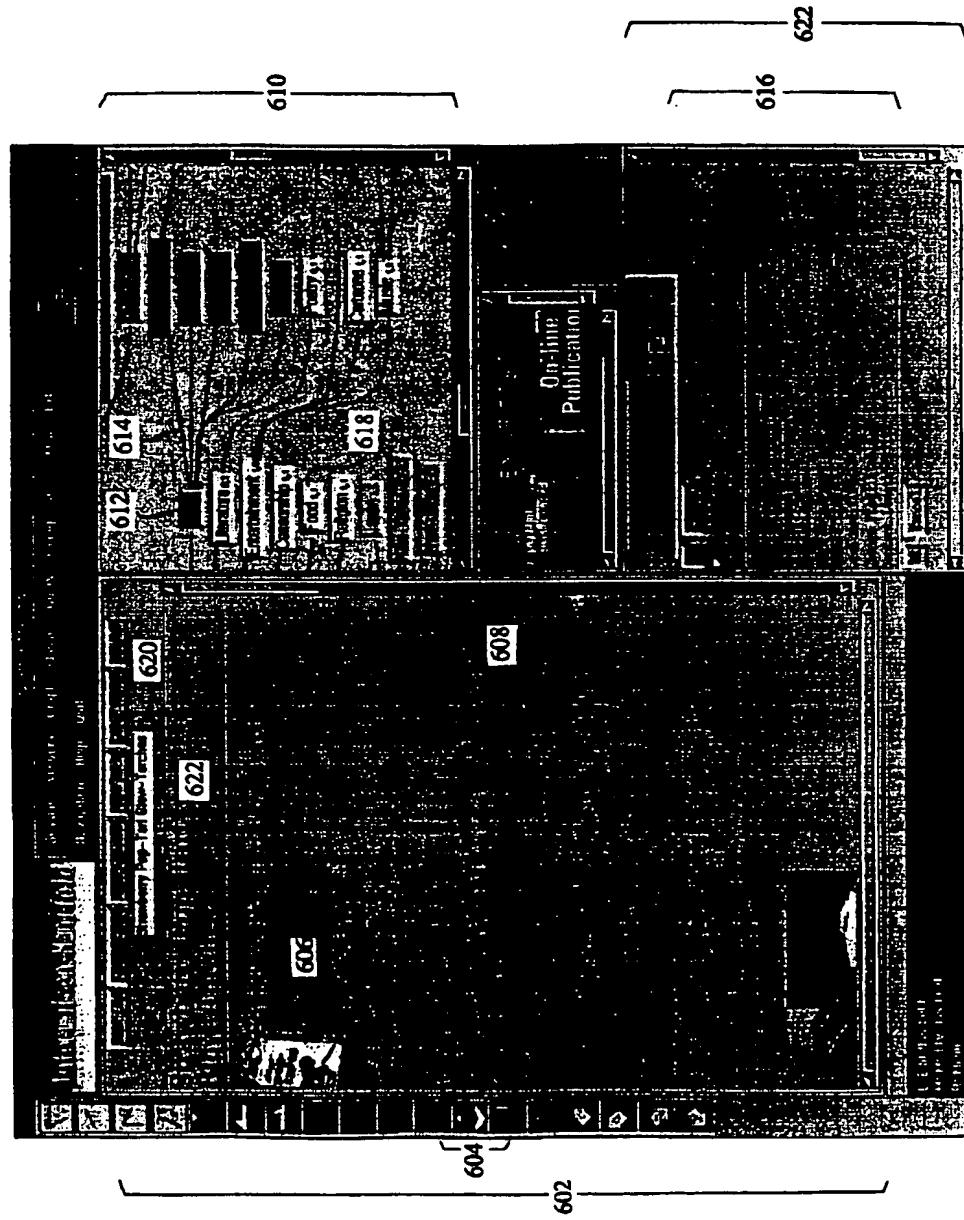


FIG. 6

【図 7】

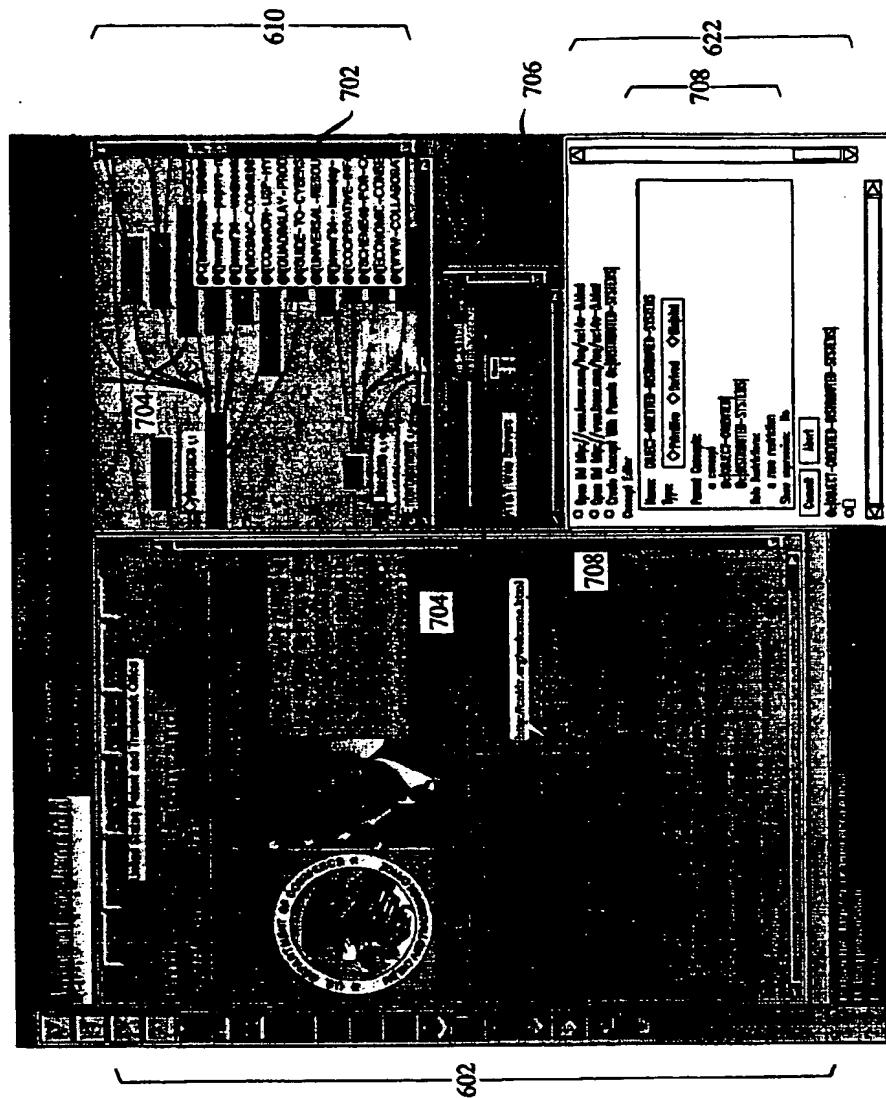
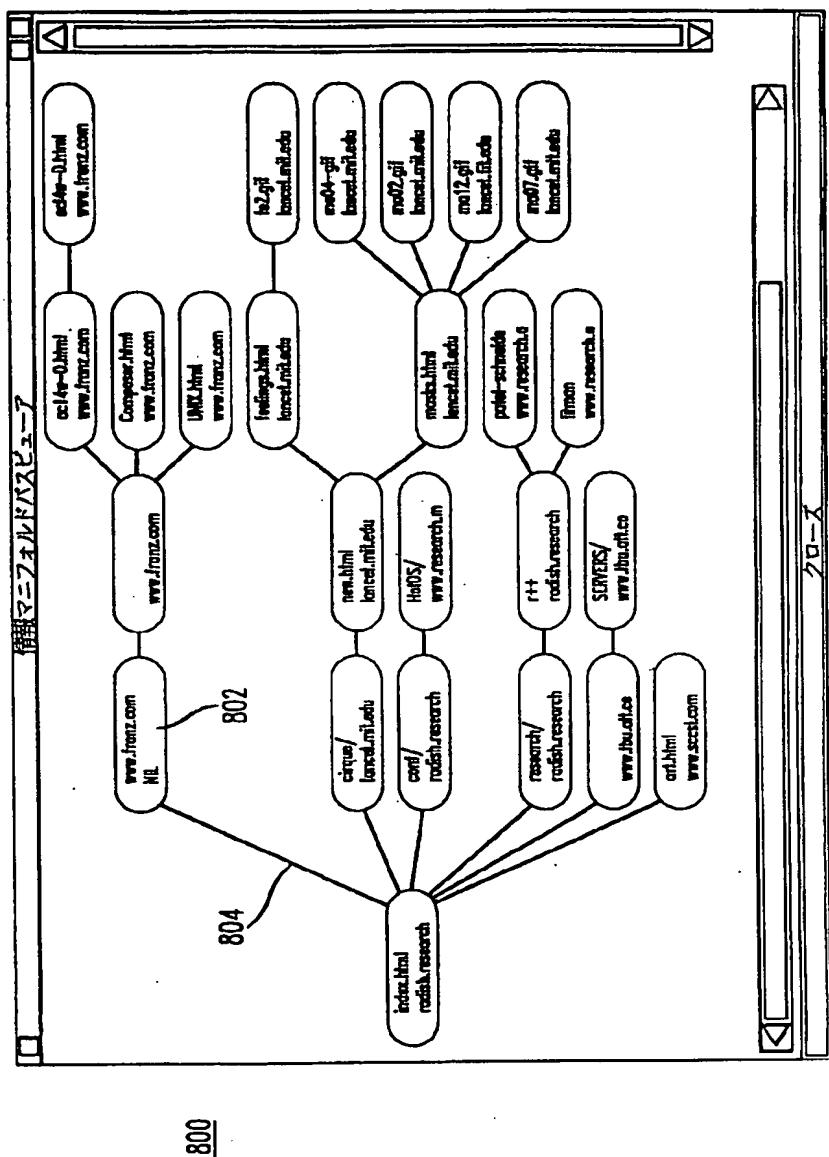


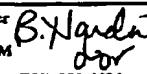
FIG. 7

[ 図 8 ]

FIG. 8



## 【国際調査報告】

<b>REVISED VERSION</b>		<b>INTERNATIONAL SEARCH REPORT</b>	
		International application No. PCT/US93/02338	
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(S) : G06F 7//00, 7//20; 17//00, 11, 157.00 US CL : 395/600, 575, 700, 800, 100 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC			
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 395/600, 575, 700, 800, 100			
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched			
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) Please See Extra Sheet.			
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>			
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages		Relevant to claim No.
X	Arens et al., "retrieve and Integrating data from multiple information sources.", Vol. 2, No. 2, published 1993, International Journal on Intelligence and Cooperative Information Systems, Pages 127-158		1
Y	IEEE, 1992, Topaloglou et al, "Query Optimization for KBMSs: Temporal syntactic and semantic transformations.", Pages 310-319, see Abstract.		2-8
X,P	US, A, 5,315,703 (Matheny et al.) 24 May 1994, see Abstract and Figs. 13 and 21A-21C.		9-10
Y,P			11-15, and 20-21
A	US, A, 5,021,989 (FUJISAWA ET AL) 04 June 1991, see Abstract.		9-28
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.			
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "B" earlier document published on or after the international filing date "L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another claim(s) or other special status (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other event "P" document published later than the international filing date but later than the priority date concerned			
Date of the actual completion of the international search 20 JUNE 1995		Date of mailing of the international search report 11 SEP 1995	
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer CUAN PHAM Telephone No. (703) 303-6684 	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US95/02338

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y,E	US, A, 5,408,655 (OREN ET AL) 18 April 1995, see cols. 5+, "The Database Traversal System".	16-22 and 24-26
Y,P	US, A, 5,355,320 (IWATA ET AL) 02 AUGUST 1994, Figs. 1 and 2.	12, 17-18
Y	US, A, 5,117,349 (TIRFING ET AL) 26 May 1992, see Abstract.	11, 22-23, and 27
Y,P	US, A, 5,388,196 (PAJAK ET AL) 07 February 1995, see Abstract and Figs. 1 and 2.	9-28
A	US, A, 4,408,302 (FESSEL ET AL) 04 October 1983, see Abstract and Figs. 1-3.	9, 11, 16-17, 24, 26 and 28
Y,P	US, A, 5,379,366 (NOYES) 03 January 1995, see Abstract and Figs 1.	2-3, 5-8, 11,15, 18, 22-23, and 27
Y	US, A, 4,933,880 (BORGENDALE ET AL) 12 June 1990, see Abstract.	28

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US95/02338

## B. FIELDS SEARCHED

Electronic data bases consulted (Name of data base and where practicable terms used):

APS, ProQuest

Search terms: Knowledge base, query, domain, protocol, user interface, inference engine query, hypertext, displaying and presentation.

## BOX II. OBSERVATIONS WHERE UNITY OF INVENTION WAS LACKING

This ISA found multiple inventions as follows:

Group I. Claim 1 drawn to a communication network (connecting) for accessing information in class 395/325.  
Group II. Claims 2 - 8 drawn to a processing the retrieved queries information in class 395/600.  
Group III. Claims 9 - 15 drawn to a displaying the retrieved document in class 395/146  
Group IV. Claims 16 - 22 and 24 - 26 drawn a displaying and converting document in class 395/147  
Group V. Claims 23 and 27 drawn to a generating unstructured data to structure data in class 395/161.  
Group VI. Claim 28 drawn to a displaying the retrieved information by converting the format display in class 395/100.

The claims of these 6 groups are directed to different inventions which are not linked to form a single general concept. The claims in the different groups do not have in common the same or corresponding or special techniques of retrieval information. In particular of the group I is an accessed or communicated to database by protocols. The group II is generating and executing the queries for accessed database. The group III is management a retrieved document by using the graphic user interface of browser for displaying retrieved document requested. The group IV is management a retrieved document by using the graphic user interface of browser and iconic for representing the document retrieval. The group V is technique of requesting information by using different of structure data for retrieved information. The group VI is converting an information into a non-textual.

## フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE,  
DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, M  
C, NL, PT, SE), CA, JP

(72)発明者 レヴィ, アロン イツチヤック  
アメリカ合衆国. 07922 ニュージャーシ  
イ, バークレイ ハイツ, マウンテン  
アヴェニュー 621

(72)発明者 スリヴァスタヴァ, デヴェシュ  
アメリカ合衆国. 07974 ニュージャーシ  
イ, ニュープロヴィデンス, スプリングフ  
ローラル ドライヴ 9

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)